

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

**"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA UTILIZACIÓN DEL MÉTODO DE
CONO DE ARENA Y DENSÍMETRO NUCLEAR PARA DETERMINAR
DENSIDADES DE CAMPO EN SUELOS COHESIVOS PARA
TERRAPLENES PROCEDENTE DE LA CANTERA RAMÍREZ UBICADA
EN EL KM 7+000 DE LA CARRETERA PIURA - PAITA. PERÚ 2019"**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADO POR:
BACH. DIANA GABRIELA ZETA ECHE**

**ASESORADO POR:
ING. ROSARIO CHUMACERO CORDOVA M.Sc.**

**LINEA DE INVESTIGACIÓN:
INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y URBANISMO
SUB LINEA DE INVESTIGACIÓN: GEOTECNIA**

**PIURA - PERÚ
2019**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA

Facultad de Ingeniería Civil

Escuela Profesional de Ingeniería Civil



TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

**“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA UTILIZACIÓN DEL MÉTODO
DE CONO DE ARENA Y DENSÍMETRO NUCLEAR PARA
DETERMINAR DENSIDADES DE CAMPO EN SUELOS COHESIVOS
PARA TERRAPLENES PROCEDENTE DE LA CANTERA RAMIREZ
UBICADA EN EL KM 7+000 DE LA CARRETERA PIURA-PAITA.
PERÚ. 2019”**

Presentado por:

Br. Diana Gabriela Zeta Eche

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

Línea de investigación:

Ingeniería Civil, arquitectura y urbanismo

Sub línea de investigación:

Geotecnia

Piura, Perú

2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA

Facultad de Ingeniería Civil

Escuela Profesional de Ingeniería Civil



TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

**“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA UTILIZACIÓN DEL MÉTODO
DE CONO DE ARENA Y DENSÍMETRO NUCLEAR PARA
DETERMINAR DENSIDADES DE CAMPO EN SUELOS COHESIVOS
PARA TERRAPLENES PROCEDENTE DE LA CANTERA RAMIREZ
UBICADA EN EL KM 7+000 DE LA CARRETERA PIURA-PAITA.
PERÚ. 2019”**

Línea de investigación:

Ingeniería Civil, arquitectura y urbanismo

Sub línea de investigación:

Geotecnia

Br. Diana Gabriela Zeta Eche

Tesista

**Mg. Rosario Chumacero
Córdova
Asesor**

Piura, Perú

2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA

Facultad de Ingeniería Civil

Escuela Profesional de Ingeniería Civil



DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Yo, Diana Gabriela Zeta Eche, identificada con DNI 72703610, en la condición de egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y domiciliado en la Calle Las Esmeraldas Mz-W Lt-9 Miraflores, Distrito Castilla, provincia PIURA, departamento PIURA con celular 957503071 y correo electrónico dianazeta@outlook.es.

DECLARO BAJO JURAMENTO, que el trabajo de investigación que presento a la Oficina Central de Investigación (OCIN), es original, no siendo copia ni parcial ni total de un trabajo de investigación desarrollado y/o realizado en el Perú o en el extranjero, en caso de resultar falsa la información que proporciono, me sujeto a los alcances de lo establecido en el Art. N° 411¹, del Código Penal, concordante con el Art. 32 de la Ley 27444, Ley de Procedimiento Administrativo General y Normas Legales de Protección a los derechos de autor y otros²

En fe de lo cual firmo la presente.

Piura 24 de agosto del 2019




DNI N° 72703610

¹ Artículo 41.- El que, en un procedimiento administrativo, hace una falsa declaración en relación a hechos y circunstancias que le corresponde probar, violando la presunción de veracidad establecida por ley, será reprimido con pena privativa de libertad no menor de uno ni mayor de cuatro años

² Art.4 Inciso 4.12 del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales – RENATI Resolución de Concejo Directivo N° 033 – 2016 – SUNEDU/CD

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA

Facultad de Ingeniería Civil

Escuela Profesional de Ingeniería Civil



TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

**“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA UTILIZACIÓN DEL MÉTODO
DE CONO DE ARENA Y DENSÍMETRO NUCLEAR PARA
DETERMINAR DENSIDADES DE CAMPO EN SUELOS COHESIVOS
PARA TERRAPLENES PROCEDENTE DE LA CANTERA RAMIREZ
UBICADA EN EL KM 7+000 DE LA CARRETERA PIURA-PAITA.
PERÚ. 2019”**

Línea de investigación:

Ingeniería Civil, arquitectura y urbanismo

Sub línea de investigación:

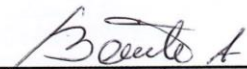
Geotecnia



Dr. Edwin Omar Vences Martínez
PRESIDENTE



Ing. Carlos Javier Silva Castillo
SECRETARIO



Ing. Luis Alberto Benites Ávalos
VOCAL

Piura, Perú

2019



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Dirección de la Unidad de Investigación
Mg. Ing. Carlos Javier Silva Castillo



ACTA DE EVALUACIÓN DEL INFORME DE INVESTIGACIÓN

Los miembros del jurado calificador del informe de investigación denominado “ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA UTILIZACIÓN DEL MÉTODO DE CONO DE ARENA Y DENSÍMETRO NUCLEAR PARA DETERMINAR DENSIDADES DE CAMPO EN SUELOS COHESIVOS PARA TERRAPLENES PROCEDENTE DE LA CANTERA RAMÍREZ UBICADA EN EL KM 7+000 DE LA CARRETERA PIURA-PAITA.PERÚ 2019”, presentado por la bachiller ZETA ECHE DIANA GABRIELA, participante del Programa de Actualización para Titulación Profesional en la Especialidad de Ingeniería Civil Versión XVII 2019, asesorado por la Mg. Ing. Rosario Chumacero Córdova. Revisado y absueltas las observaciones formuladas por el jurado calificador, lo declaran:

Aprobada

Con la nota:

Dr. Ing. EDWIN OMAR VENCES MARTÍNEZ 17

Mg Ing. CARLOS JAVIER SILVA CASTILLO 17

Ing. LUIS ALBERTO BENITES AVALOS 17

Piura, 21 de agosto de 2019

Dr. Ing. EDWIN OMAR VENCES MARTÍNEZ
PRESIDENTE-JURADO CALIFICADOR

Mg. Ing. CARLOS JAVIER SILVA CASTILLO
SECRETARIO-JURADO CALIFICADOR

Ing. LUIS ALBERTO BENITES AVALOS
VOCAL-JURADO CALIFICADOR

DEDICATORIA

A Dios por ser mi guía y fortaleza.

A mis Padres que son un ejemplo de esfuerzo
y superación.

A todos los profesionales que me han
apoyado, orientado y compartido sus
conocimientos a fin de realizar este trabajo
de investigación.

AGRADECIMIENTO

A los docentes de la Universidad Nacional de Piura
por contribuir con sus conocimientos a mi
formación profesional.

A mi asesora, Mg. Rosario Chumacero Córdova,
por direccionar y acompañar en el proceso de
elaboración de este trabajo.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCION.....	1
I. ASPECTOS DE LA PROBLEMÁTICA	2
1.1 Descripción de la realidad problemática	2
1.2 Justificación e importancia de la investigación	2
1.3 Objetivos	2
1.3.1 Objetivo general.....	2
1.3.2 Objetivos específicos	2
1.4 Delimitación de la investigación	3
II. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1 Antecedentes de la investigación	4
2.2 Bases teóricas	4
2.2.1 Compactación de suelos	4
2.2.2 Prueba de Proctor Modificada	5
2.2.3 Peso unitario de campo de compactación	10
2.2.3.1 Método del cono de arena	10
2.2.3.2 Método nuclear	14
2.3 Glosario de términos básicos	20
2.4 Marco referencial	21
2.5 Hipótesis	21
III. MARCO METODOLÓGICO	22
3.1 Enfoque y diseño.....	22
3.2 Sujetos de la investigación	22
3.3 Métodos y procedimientos	24
3.4 Técnicas e instrumentos	24
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
4.1 Resultados	26
4.1.1 Porcentajes de compactación.....	26
4.1.2 Duración de ensayo.....	35

4.2	Discusión	38
4.2.1	Ventajas y desventajas del método de cono de arena y del densímetro nuclear. 40	
4.2.2	Comparación de costos de ejecución de ensayos	41
	CONCLUSIONES	43
	RECOMENDACIONES	44
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45
	ANEXOS	46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1. Métodos de ensayo de proctor modificado	7
Tabla 2. 2. Volúmenes del orificio para el método del cono de arena	12
Tabla 3. 1. Características del material de Cantera Ramirez	22
Tabla 4. 1. Cuadro resumen de grado de compactación obtenidos en la investigación	26
Tabla 4. 2. Grado de compactación en dique F3B - capa 5.....	28
Tabla 4. 3 Grados de compactación en dique F1L - capa 4	28
Tabla 4. 4. Grado de compactación en dique F1R - capa 7.....	29
Tabla 4. 5. Grado de compactación en dique F3B – capa 6.....	29
Tabla 4. 6. Grado de compactación en dique F1R - capa 8.....	30
Tabla 4. 7.Grado de compactación dique F3B - capa 7	30
Tabla 4. 8. Grado de compactación en F1L - capa 5	31
Tabla 4. 9. Grado de compactación en dique F1R - capa 9.....	31
Tabla 4. 10. Variación entre los grados de compactación obtenidos con el cono de arena y el densímetro nuclear	32
Tabla 4. 11. Duración de ejecución de ensayos de método de arena y densímetro nuclear	35
Tabla 4. 12. Ventajas y desventajas del método del cono de arena	40
Tabla 4. 13. Ventajas y desventajas del densímetro nuclear	40
Tabla 4. 14. Presupuesto del ensayo con cono de arena.	41
Tabla 4. 15. Presupuesto de ensayo con densímetro nuclear	41
Tabla 4. 16. Cuadro comparativo de costos de ensayos (por mes).....	42

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 4. 1. Variación de los resultados del densímetro respecto del cono de arena.....	34
Gráfico 4. 2. Correlación: Densímetro nuclear y cono de arena	35

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2. 1. Curva de compactación con proctor estándar y proctor modificado	5
Figura 2. 2. Molde cilíndrico de 4,0 pulg	6
Figura 2. 3. Molde cilíndrico de 6,0 pulg	6
Figura 2. 4. Método del cono de arena	11
Figura 2. 5. Ensayo de cono de arena en terraplenes	13
Figura 2. 6. Método de Retrodifusión.....	15
Figura 2. 7. Método de transmisión directa	15
Figura 2. 8. Modelos de densímetro nuclear.....	16
Figura 2. 9. Ensayo con densímetro nuclear en capa de terraplén	17
Figura 3. 1. Sectorización de terraplenes	23

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO I: Ensayos de laboratorio de material procedente de la Cantera Ramirez

ANEXO II: Plano de ubicación de los ensayos de determinación de densidades de campo

ANEXO III: Matriz de consistencia

ANEXO IV: Ábaco de densidades del densímetro nuclear equivalentes al método del cono de arena

ANEXO V: Ensayos de densidad de campo con cono de arena y densímetro nuclear.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación denominado “Análisis comparativo de la utilización del método de cono de arena y densímetro nuclear para determinar densidades de campo en suelos cohesivos para terraplenes procedente de la cantera Ramirez ubicada en el km 7+000 de la carretera Piura-Paita. Perú. 2019”, tiene como fin determinar cuál es el método más confiable en cuanto a resultados para los trabajos de control de compactación en conformación de terraplenes entre el método del cono de arena y el densímetro nuclear.

La determinación de la densidad es campo es un parámetro necesario para determinar el grado de compactación, el cual es base para la aceptación de los trabajos de movimiento de tierras, y los métodos estandarizados en nuestro país para la obtención de este parámetro es el método del cono de arena y el método nuclear, por lo que se han empleado estos dos como parte del estudio.

El trabajo de investigación es de tipo cuantitativo y su diseño es experimental, es así que la investigación se centra en obtener controles de densidades de campo mediante el método del cono de arena y del densímetro nuclear en terraplenes conformados por material procedente de la cantera Ramirez de tal forma que se pudiera analizar cuál de los métodos ofrece resultados más confiables, es económicamente más factible y cuyo tiempo de ejecución de los trabajos resulte más conveniente.

El estudio realizado determinó que el método del cono de arena ofrece resultados más confiables en comparación al densímetro nuclear, así también, su costo resulta menor; sin embargo, el tiempo de ejecución del ensayo es casi 6 veces el empleado por el densímetro nuclear. Siendo que ambos métodos están normados y validados para la determinación de las densidades de campo, la elección de qué método emplear dependerá de las necesidades de cada proyecto.

Palabras clave: densidades de campo, método del cono de arena, densímetro nuclear.

ABSTRACT

The present investigative work called "Comparative analysis of the use of the sand cone method and nuclear densimeter to determine field densities in cohesive soils for embankments from the Ramirez quarry located at km 7 + 000 of the Piura-Paita highway. Peru. 2019 ", aims to determine which is the most reliable method in terms of results for compaction control work in shaping embankments between the sand-cone method and the nuclear densimeter.

The density determination field is a necessary parameter to determine the degree of compaction, which is the basis for the acceptance of earthmoving works, and the standardized methods in our country for obtaining this parameter is the method of cone of sand and the nuclear method, so these two have been used as part of the study.

The investigative work is of quantitative type and its design is experimental, so the research focuses on obtaining field densities controls using the sand cone method and the nuclear densimeter in embankments formed by material from the Ramirez quarry. so that it could be analyzed which of the methods offers the most reliable results, is economically more feasible and whose execution time of the works is more convenient.

The study determined that the sand-cone method offers more reliable results compared to the nuclear densimeter, as well as, its cost is lower; however, the test execution time is almost 6 times that used by the nuclear densimeter. Since both methods are regulated and validated for the determination of field densities, the choice of which method to use will depend on the needs of each project.

Key words: field densities, sand cone method, nuclear densimeter.

INTRODUCCION

El control de calidad de las obras de ingeniería es parte importante de los proyectos de construcción, pues nos garantiza que la obra que estamos ejecutando será duradera (Das, 2013).

En el Perú, las obras de infraestructura vial están regidas por el Manual de “Especificaciones Técnicas Generales para Construcción” en el cual se uniformizan las condiciones, requisitos, parámetros y procedimientos de los procesos constructivos involucrados, de tal forma que se obtengan mejores índices de calidad en la obra (MTC, 2013).

Muchas de las obras viales requieren construcción de terraplenes para lograr las cotas planteadas en el proyecto; así también, obras de saneamiento, como plantas de tratamiento de aguas residuales, que en algunos casos requieren la construcción de lagunas conformadas por diques y se pueden mencionar otras obras en las que la ejecución de trabajos de movimientos masivos son necesarios. Uno de los controles de calidad que se llevan a cabo en los trabajos de conformación de terraplenes es el de compactación, y su importancia es tal que los procesos constructivos y los equipos que se utilizan son seleccionados para garantizar que cada capa del terraplén cumpla con los requisitos de compactación que la norma establece (MTC, 2013).

La norma E.050 Suelos y cimentaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones, establece para la determinación de densidad in-situ dos técnicas: mediante el método del cono de arena y mediante métodos nucleares (profundidad superficial). Según De León (2009), en su trabajo de graduación, menciona que el método que se utiliza con más frecuencia en el sector construcción es el cono de arena, cuya ejecución al depender del factor humano, puede resultar un obstáculo para la producción. Es por ello, que el presente trabajo de investigación busca evaluar otra alternativa al cono de arena como lo es el densímetro nuclear. De esta forma, se tendrá la información necesaria para definir qué método de control de compactación entre los dos mencionados ofrece resultados confiables y es el más adecuado en cuanto a las necesidades de cada proyecto.

La investigación se realizó en terraplenes conformados con suelos cohesivos provenientes de la Cantera Ramírez ubicada en el km 7+000 de la carretera Piura-Paita, se realizaron ensayos en un total de 40 puntos con los dos métodos para obtener la densidad de campo y por consiguiente el grado de compactación de suelos.

Los resultados determinaron que el método del cono de arena ofrece resultados más confiables que el densímetro nuclear, aunque la diferencia entre los resultados no es tan notoria, así mismo, es un método cuyo costo de ejecución es más barato; sin embargo, el tiempo de realización del ensayo con el cono de arena es casi 6 veces el empleado por el densímetro nuclear. Por tanto, se presentan en este trabajo las características de cada método a fin que en función al requerimiento de cada proyecto se escoja uno u otro método siendo que ambos son ensayos estandarizados y normados en nuestro país.

El trabajo de investigación se ha estructurado en cuatro capítulos principales. En el Capítulo I “Aspectos de la problemática”, se describe el contexto en el que se originó el problema, así como la importancia del trabajo de investigación en la solución de este problema y en base a ello se definen también los objetivos que permitirán lograr la investigación; en el capítulo II “Marco teórico”, se presentan los estudios o trabajos realizados previamente y que respaldan la investigación que estamos llevando a cabo, además se exponen las bases teóricas y legales relacionadas al tema de investigación, esta información nos permite plantear así una hipótesis, también descrita en este capítulo, que responda la pregunta y los objetivos planteados en el trabajo de investigación; el capítulo III “Marco metodológico”, muestra el enfoque, diseño y sujeto de la investigación, además de los métodos y procedimientos que se emplearon para cumplir con los objetivos planteados, así como las técnicas e instrumentos utilizados en la recolección de la información en campo; el capítulo IV “Resultados y discusión”, se presentan los resultados obtenidos mediante tablas, los cuales posteriormente se interpretarán y analizarán, verificando la hipótesis planteada y resaltando el aporte de este trabajo de investigación para el sector civil. Finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones provenientes del trabajo de investigación realizado en base a la teoría presentada.

I. ASPECTOS DE LA PROBLEMÁTICA

1.1 Descripción de la realidad problemática

La norma E.050 Suelos y cimentaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones establece como estudios de mecánica de suelos para la determinación de densidad in-situ dos técnicas: Densidad in-situ mediante el método del cono de arena y mediante métodos nucleares (profundidad superficial).

En el sector construcción, el método que se utiliza con más frecuencia es el cono de arena, cuya ejecución al depender del factor humano, puede resultar un obstáculo para la producción (De León ,2009).

La frecuencia del control de compactación para la base y cuerpo de terraplén que se establece en las Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (EG-2013) del Manual de Carreteras en su sección 205 es de 1 cada 500 m², mientras que para la corona de terraplén es de 1 cada 250 m².

En base a las referencias antes mencionadas podemos decir, que para la ejecución de trabajos de movimientos de tierras masivos, como es el caso de terraplenes, cuyos volúmenes de conformación requieren de controles de calidad en mayor proporción, resulta necesario definir un método de control de densidad en campo, entre los estudios de mecánica de suelos normados, que brinde resultados confiables sin que su ejecución represente un retraso en las actividades planificadas en la obra o en los rendimientos de producción proyectados.

1.2 Justificación e importancia de la investigación

La ejecución de trabajos de conformación de terraplenes requiere que la capa conformada cumpla con las condiciones adecuadas de compactación, de lo contrario no se permitirá continuar con la conformación de la siguiente capa del terraplén (MTC, 2013). Esta verificación se realiza mediante dos técnicas: Densidad in-situ mediante el método del cono de arena y mediante métodos nucleares (profundidad superficial) (Ministerio de vivienda, 2006).

Por tanto este trabajo de investigación dará a conocer las características del método del cono de arena y el densímetro nuclear como método nuclear para la obtención de la densidad de compactación en campo, y por consiguiente el grado de compactación del suelo, de tal forma que nos permita determinar cuál es el método más confiable en cuanto a resultados para los trabajos de control de compactación en conformación de terraplenes y que presente mayores ventajas, para que sea más sencillo de elegir entre una u otra opción dependiendo de las necesidades de cada proyecto.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Comparar la utilización del método de cono de arena y densímetro nuclear en la determinación de la densidad de campo

1.3.2 Objetivos específicos

1. Aplicar las normas NTP 339.143 (ASTM-1556) para el método de la arena y NTP 339.144 (ASTM D 2922) para el densímetro nuclear, para realizar los controles de calidad en campo en suelos cohesivos para terraplenes procedentes de la cantera Ramirez.

2. Analizar los resultados de los ensayos para determinar la variación entre ambos métodos.
3. Establecer las características de ambos métodos para conocer cuál es más factible.

1.4 Delimitación de la investigación

El trabajo de investigación se realizó durante la construcción de terraplenes conformado con suelos cohesivos procedentes de la cantera Ramirez ubicada en el km 7+000 de la carretera Piura-Paita.

Este trabajo de investigación se limita a controles de compactación en campo para suelos que cumplen las especificaciones técnicas planteadas en “Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (EG-2013)” del Manual de Carreteras para construcción de terraplenes.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

Se presentan a continuación, los estudios e investigaciones relacionadas al tema de investigación y que han contribuido a la realización del presente trabajo:

- En diciembre de 2006 fue publicado el artículo “Correlación entre densímetro nuclear y cono de arena para suelos finos de baja plasticidad y no cohesivos” en la Revista de la construcción de la Escuela de construcción civil Pontificia Universidad Católica de Chile.
En el artículo, en base a controles de densidad de terreno en 146 puntos aplicando el método del densímetro nuclear y luego el método de arena en cada punto, se establece una correlación entre ambos métodos con el fin de darle confiabilidad al método de densímetro nuclear como alternativa al del cono de arena, en esta investigación se
Este artículo permitió definir la toma de datos para el método nuclear (densímetro nuclear), así como la metodología para realizar el análisis en gabinete de dichos resultados.
- En agosto de 2009 Estuardo de León Monroy, Eddy José, presentó a la junta directiva de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala el trabajo de graduación “Ventajas y desventajas de la utilización del método de la arena y el densímetro nuclear en la determinación de la densidad de campo”. En este trabajo se aplicaron dos pruebas de determinación de densidad de suelos, el método de arena y densímetro nuclear, en materiales para sub-base y base de una carretera con el fin de conocer cuál de los métodos es más confiable y certero para los trabajos de campo.
Este trabajo sirvió para determinar la metodología a aplicar para el desarrollo del trabajo de investigación, así como los parámetros de comparación más relevantes entre estos métodos.
- En el año 2014 fue presentada en Quito la tesis “Validación de la determinación de la densidad in-situ, de un tramo del proyecto “Collas – Tabatela”, utilizando un densímetro eléctrico y comparando los resultados con el densímetro nuclear y el cono de arena” por el bachiller Flores Cano, Juan Martín a fin de obtener el título de ingeniero civil.
La investigación se basa en la ejecución de ensayos de 25 puntos aleatorios para obtener de esta forma la densidad seca y contenido de humedad del suelo con cada uno de los métodos (cono de arena, densímetro nuclear y densímetro eléctrico) teniendo como objetivo la validación del densímetro eléctrico, dado que es un método poco empleado y reconocido, respecto a los dos métodos.
Esta investigación ayudó al análisis de los resultados, puesto que también se realiza un comparativo entre los métodos del cono de arena y el densímetro nuclear.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Compactación de suelos

Se entiende como compactación de suelos el mejoramiento artificial de sus propiedades mecánicas por medios mecánicos. (Juárez Badillo & Rico Rodríguez, 2005).

La compactación aumenta la estabilidad de los taludes de los terraplenes, aumenta las características de resistencia de los suelos incrementando la capacidad de carga de las cimentaciones construidas sobre ellos (Das, 2013)

El objetivo principal del proceso de compactación es lograr un suelo estructurado de tal forma que posea y mantenga un comportamiento mecánico adecuado a través de la vida útil de la obra. La resistencia, la compresibilidad y una adecuada relación esfuerzo-deformación figuran entre las propiedades que siempre se busca mejorar (Rico Rodríguez & del Castillo, 2005).

La prueba de laboratorio que se emplea para obtener el valor del peso unitario seco máximo de compactación y el contenido óptimo de humedad se denomina prueba de Proctor de compactación (Das, 2013).

2.2.2 Prueba de Proctor Modificada

Este ensayo determina el peso por unidad de volumen de un suelo compactado en laboratorio a diferentes contenidos de humedad. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2016). Esta relación entre el contenido de agua y el peso unitario seco de los suelos que representa la marcha de un proceso de compactación se establece mediante la curva de compactación (Rico Rodriguez & del Castillo, 2005).

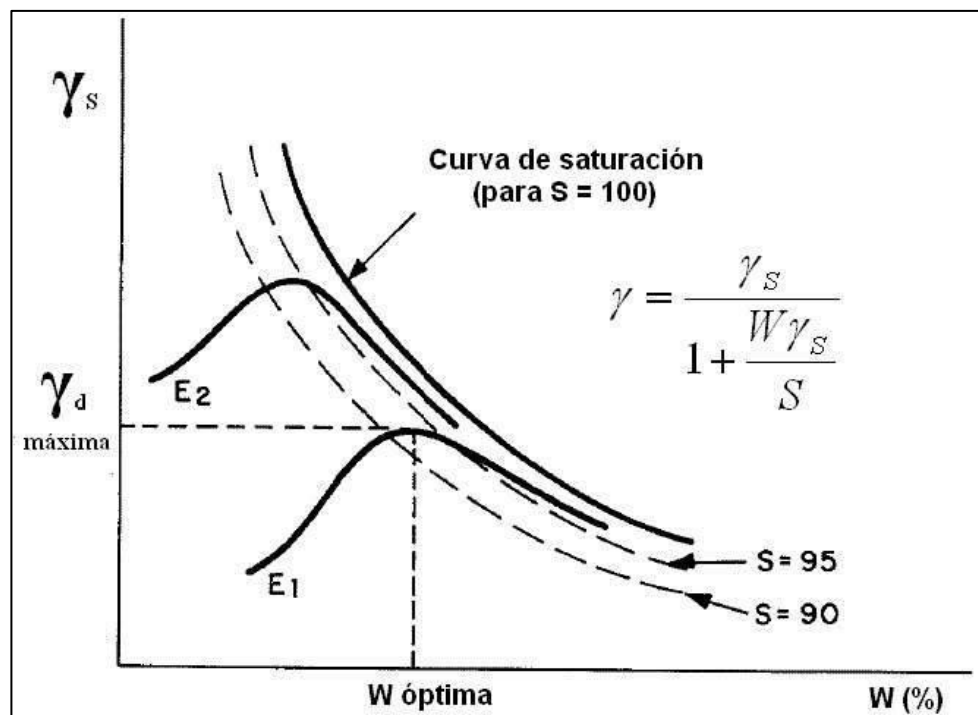


Figura 2. 1. Curva de compactación con proctor estándar y proctor modificado

Fuente: Imagen tomada de <https://www.cuvsu.com/2016/04/ensayo-proctor-de-un-suelo-practica.html>

El peso volumétrico seco máximo que un material puede alcanzar, así como la humedad óptima que arroja la curva de compactación para un determinado suelo nos permite determinar la aceptación o rechazo de los trabajos de compactación en campo mediante lo que se conoce grado de compactación (Rico Rodriguez & del Castillo, 2005; Das, 2013)

En el manual de ensayos de materiales del Ministerio de transporte y comunicaciones se menciona el desarrollo de dos ensayos proctor:

- ❖ Proctor Modificado: utiliza una energía estándar (2 700 KN-m/m³ (56 000 pie-lbf/pie³)).
- ❖ Proctor Estándar: utiliza una energía estándar (600 KN-m/m³ (12 400 pie-lbf/pie³)).

Para la determinación de porcentaje de compactación en terraplenes la densidad en campo se compara con la máxima densidad obtenida en el ensayo Proctor Modificado (Das, 2013).

El Proctor modificado es definida como la prueba de Proctor Estándar modificada de tal forma que represente mejor las condiciones de campo al hacer uso de rodillos pesados para la compactación de suelos (Das, 2013).

Este ensayo determina la relación entre el contenido de agua y peso unitario seco de los suelos (curva de compactación) compactados en un molde de 4 o 6 pulg. de diámetro con un pisón de 44,5 N que cae de una altura de 457 mm, produciendo una Energía de compactación de 2700KJ/m³ (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2016).

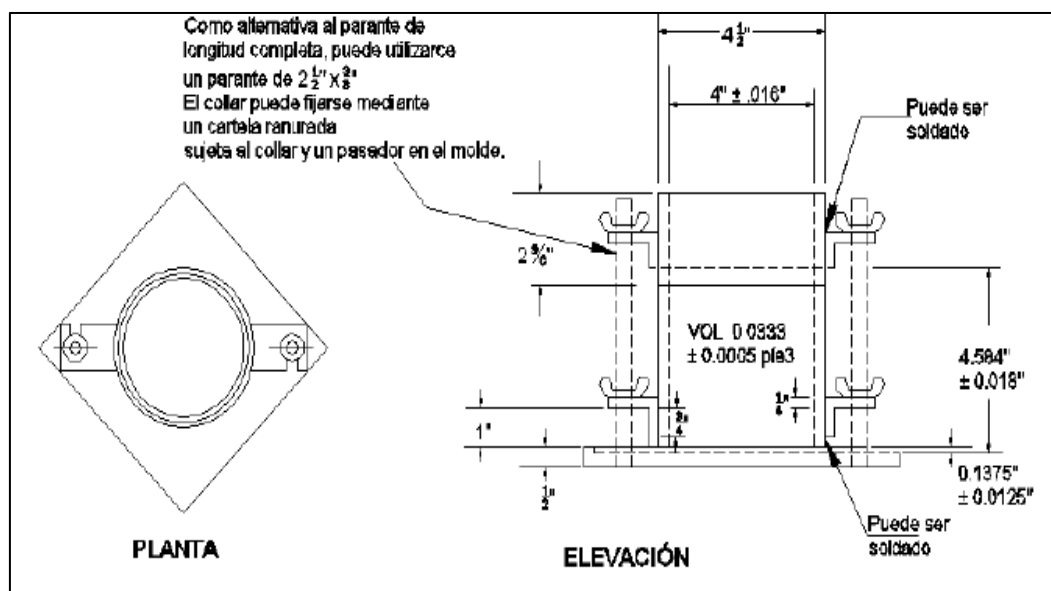


Figura 2. 2. Molde cilíndrico de 4,0 pulg

Fuente: Manual de ensayo de materiales – Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

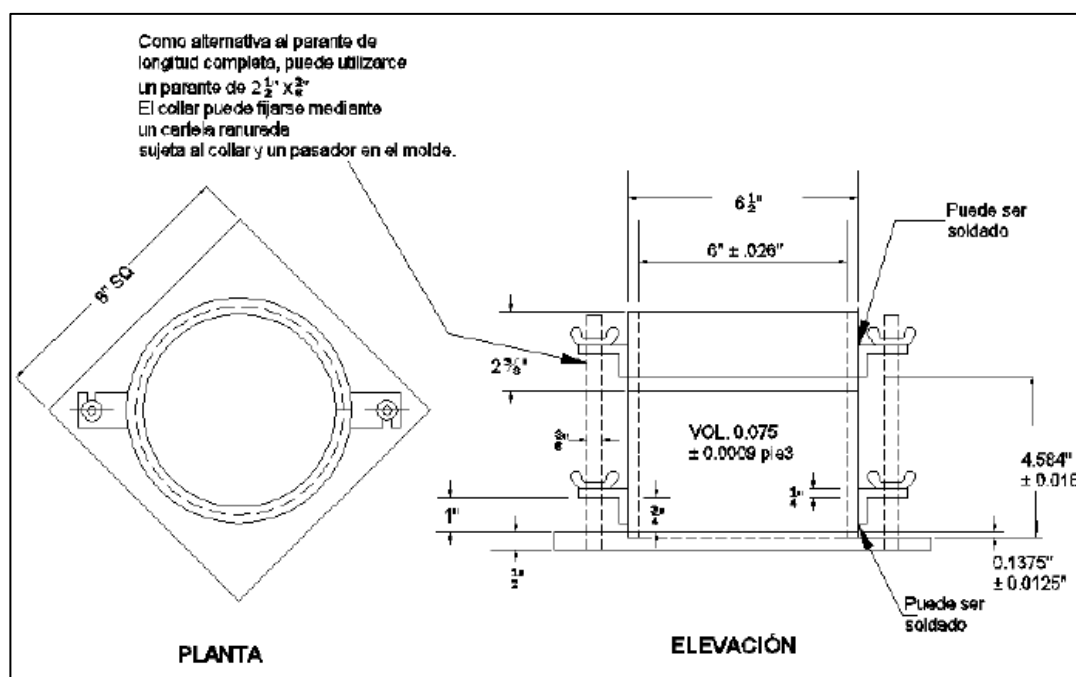


Figura 2. 3. Molde cilíndrico de 6,0 pulg

Fuente: Manual de ensayo de materiales - Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Existen 03 métodos alternativos, cuya elección se basa en la gradación del material, los cuales resumiremos en la siguiente tabla en base a lo descrito en el Manual de ensayos de materiales del MTC.

Tabla 2. 1. Métodos de ensayo de proctor modificado

Método	Uso	Características
Método “A”	<p>Cuando el 20% o menos del peso del material es retenido en el tamiz 4.75 mm (N° 4).</p> <p>Otros usos: si el método no es especificado; los materiales que cumplen con estos requerimientos de gradación pueden ser ensayados usando Método B o C.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Molde: 101.6 mm de diámetro (4 pulg.) ✓ Material: Se emplea el que pasa por el tamiz 4.75 mm (N° 4) ✓ Número de capas: 5 ✓ Golpes por capa: 25
Método “B”	<p>Cuando más del 20% del peso del material es retenido en el tamiz 4.75 mm (N° 4) y 20% o menos de peso del material es retenido en el tamiz 9.5 mm (3/8 pulg.).</p> <p>Otros usos: si el método no es especificado, y los materiales entran en los requerimientos de gradación pueden ser ensayados usando Método C.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Molde: 101.6 mm de diámetro (4 pulg.) ✓ Material: Se emplea el que pasa por el tamiz 9.5 mm (3/8 pulg.) ✓ Número de capas: 5 ✓ Golpes por capa: 25
Método “C”	<p>Cuando más del 20% en peso del material se retiene en el tamiz 9.5 mm (3/8 pulg) y menos de 30% en peso es retenido en el tamiz 19.0 mm (3/4 pulg.).</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Molde: 152.4 mm de diámetro (6 pulg.) ✓ Material: Se emplea el que pasa por el tamiz 19.0 mm (3/4 pulg.) ✓ Número de capas: 5 ✓ Golpes por capa: 56 <p>El molde de 6 pulg de diámetro no se emplea en los métodos anteriores.</p>

Fuente: Elaboración propia.

Además, el Manual Ensayo de Materiales del MTC especifica las características de la muestra y el procedimiento a seguir en base a la NTP 339.141 y ASTM D 1557, lo cual se describe a continuación:

✓ **Muestra**

Para el Método A y B, la muestra requerida es de aproximadamente 16 kg., y para el Método C es de aproximadamente de 29 kg. del suelo seco. Esto quiere decir, que en campo, el peso húmedo debe ser de por lo menos 23 kg y 45 kg respectivamente.

✓ **Procedimiento**

a) Preparación de equipo

- a. En función al método se selecciona el molde adecuado, se determina y anota la masa. Una vez ensamblado el molde, base y collar de extensión, se chequea el alineamiento de la pared interior del molde.
- b. Revisar que el ensamblado del pisón estén en buenas condiciones. Si requiere de ajustes o reparaciones, al culminar los mismos es necesario calibrar el martillo nuevamente.
- c. Los equipos que deben ser calibrados en intervalos no mayores que 1,000 muestras ensayadas o anualmente, son los siguientes:
 - Balanza
 - Moldes
 - Pisón manual
 - Pisón mecánico

b) Preparación del ensayo

a. Suelos

- i. Si el suelo ha sido compactado previamente en laboratorio no se vuelve a utilizar.
- ii. En suelos que contienen hallosita hidratada o donde la experiencia con determinados suelos indica que los resultados pueden ser alterados por el secado al aire, se debe utilizar el método de preparación húmedo.
- iii. Existen dos tipos de preparación de especímenes: preparación húmeda y preparación seca.

b. Método de preparación húmeda

- i. La muestra sin secado previo se pasa por el tamiz 4.75mm (N° 4); 9.5mm (3/8 pulg) o 19.0mm (3/4 pulg) dependiendo del método. Se determina el contenido de agua del suelo procesado.
- ii. Se prepara como mínimo cuatro especímenes con contenidos de agua de modo que contengan un contenido de agua lo más cercano al óptimo estimado. Un espécimen que tiene un contenido de humedad cercano al óptimo se prepara primero, añadiendo al cálculo agua y mezcla. Los contenidos de agua para el resto se seleccionan de tal forma que resulten por lo menos dos de ellos húmedos y dos secos, que varíen alrededor del 2% de acuerdo al contenido óptimo de agua.
- iii. Usar aproximadamente 2.3 kg del suelo tamizado en cada espécimen que se compacta empleando el método A o B, o 5.9 kg cuando se emplee el método C, para así determinar los contenidos de agua.

c. Método de preparación en seco

- i. Cuando la muestra está demasiado húmeda, se reduce el contenido de agua por secado al aire hasta que el material sea disgregable, también el secado puede ser usando un aparato de secado siempre que la temperatura sea menos a 60°C. Se pasa

el material por el tamiz apropiado dependiendo del método. Durante la preparación del material granular que pasa la malla $\frac{3}{4}$ pulg para la compactación con el método C, se disgrega o separa los agregados lo suficientemente para que pasen el tamiz 9.5mm (3/8 pulg) de manera de facilitar la distribución de agua a través del suelos en el posterior mezclado.

- ii. Prepara mínimo cuatro especímenes.
- iii. Usar aproximadamente 2.3 kg del suelo tamizado en cada espécimen que se compacta empleando el método A o B, o 5.9 kg cuando se emplee el método C, para así determinar los contenidos de agua

d. Compactación

- i. Determinar y registrar la masa del molde o molde y el plato de base.
- ii. El molde y el collar se ensamblan y aseguran al plato base. El molde se apoya en un cimiento uniforme y rígido y se asegura el plato base a dicho cimiento rígido (con una masa no menor de 91 kg).
- iii. Compactar el espécimen en cinco capas. Cada capa deberá tener aproximadamente el mismo espesor después de la compactación. Antes de la compactación se coloca el suelo suelto dentro del molde y se extiende en una capa de espesor uniforme. Se apisona el suelo suavemente con el pisón manual de compactación antes de la compactación hasta que no esté en estado suelto o esponjoso. Posterior a la compactación de cada una de las cuatro primeras capas, cualquier material adyacente a las paredes del molde que no han sido compactado o extendido será recortada y puede ser incluido en la siguiente capa. La cantidad del suelo empleado será tal que la quinta capa compactada se extenderá dentro del collar pero no excederá 6mm de la parte superior del molde, de exceder dicho valor el espécimen será descartado. También se descartará si la quinta capa resulta por debajo de la parte superior del molde de compactación.
- iv. Compactar cada capa con 25 golpes para el método A y B (molde de 101.6mm) o 56 golpes para el método C (molde de 152.4mm).
- v. Al operar el pisón manual se debe evitar la elevación de la guía mientras el pisón sube. Se mantiene la guía firme y verticalmente (dentro de 5° de la vertical). Se aplican los golpes en una relación de 25 golpes/minuto, de tal forma que cubra completa y uniformemente la superficie del espécimen.
- vi. Después de la compactación de la última capa, se remueve el collar y plato base del molde. El cuchillo debe emplearse para ajustar o arreglar el suelo adyacente al collar, soltando el suelo del collar y removiendo sin permitir el desgarro del suelo bajo la parte superior del molde.
- vii. Con cuidado se enrasa el espécimen compactado, a través de la parte superior o inferior del molde. Un corte inicial en el espécimen en la parte superior del molde con un cuchillo puede prevenir la caída del suelo por debajo de la parte superior e inferior del molde. Rellenar cualquier hoyo de la superficie con suelo no usado o cortado del espécimen, se presiona con los dedos y se vuelve a raspar con la regla recta a través de la parte

- superior e inferior del molde. Se repiten las operaciones anteriores en la parte inferior del espécimen cuando se halla determinado el volumen del molde sin el plato base. Para suelos muy húmedos o muy secos, se perderá suelo o agua si el plato base se remueve. Para esos casos, se puede dejar el plato base fijo al molde. De ser este el caso, el volumen deberá calibrarse con el plato unido al molde.
- viii. Se determina y registra la masa del espécimen y molde con aproximación al gramo. Cuando se deja unido el plato base al molde, se determina y registra la masa del espécimen, molde y plato de base con aproximación al gramo.
 - ix. Se remueve el material del molde. Obtener un espécimen para determinar el contenido de agua, empleando todo el espécimen o una porción representativa. Obtener el contenido de humedad de acuerdo al método ensayo NTP 339.127.

2.2.3 Peso unitario de campo de compactación

El grado de compactación de suelos se mide en términos de su peso unitario seco el cual se ve influenciado por el contenido de humedad, tipo de suelo y esfuerzo de compactación. Una de las condiciones para el trabajo con tierra es que se logre un peso unitario seco en campo compactado de 90 a 95% de peso unitario seco máximo determinado en el laboratorio mediante la prueba proctor (Das, 2013).

La norma E.050 Suelos y cimentaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones establece dos técnicas como estudios de mecánica de suelos para la determinación del peso unitario:

- Densidad in-situ mediante el método del cono de arena,
- Densidad in-situ mediante métodos nucleares (profundidad superficial).

2.2.3.1 Método del cono de arena

La finalidad de este método es determinar la densidad y peso unitario del suelo in-situ. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2016).

El aparato de Densidad de cono de arena está conformado por en un dispositivo desarmable que consiste en una válvula unido a un embudo de metal, un contenedor de arena con un cono de metal, un plato de metal cuadrado o rectangular con un orificio central y un borde que recibe al embudo.

El ensayo consiste en colocar el plato de metal sobre la superficie de terreno de la que se quiere obtener el peso unitario de campo, una vez asegurado se inicia con la excavación de un hoyo, todo el material resultado de la excavación se recupera en un frasco hermético para evitar pérdida de humedad.

Luego el aparato del cono de arena se voltea sobre el hoyo excavado y se libera la arena de Ottawa del frasco hasta que llene el orificio y el embudo, es decir, cuando la arena deje de fluir, tal como se muestra en la figura 2.4.

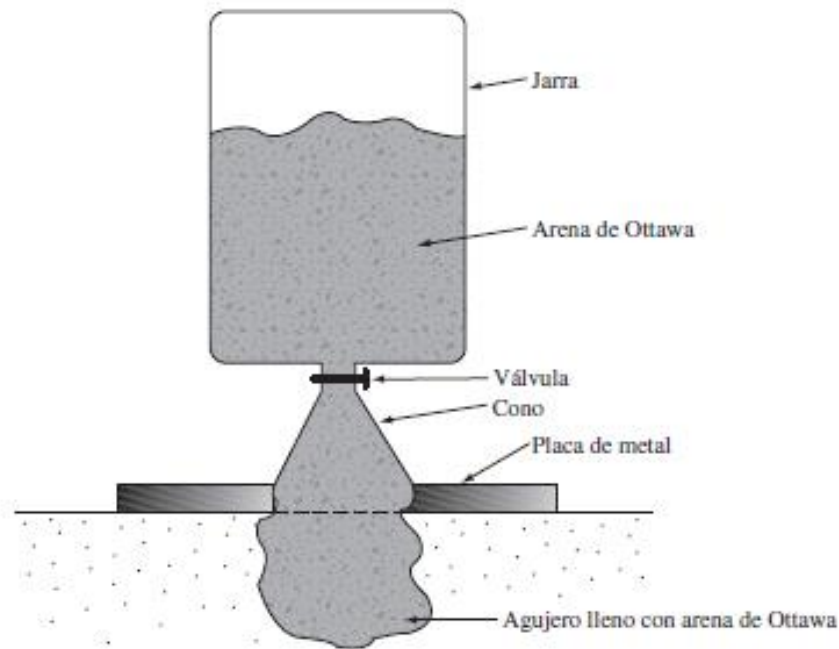


Figura 2. 4. Método del cono de arena

Fuente: Fundamentos de ingeniería geotécnica - Cuarta Edición – Das, Braja M.

Del proceso descrito se debe obtener los siguientes datos:

- Masa del suelo extraído, si se requiere correcciones del material de mayor tamaño, se determina la masa de este material.
- Masa del aparato con la arena restante.
- Contenido de humedad de la muestra extraída.

Además es necesario saber a partir de la calibración del equipo en laboratorio lo siguiente:

- Peso unitario en seco de la arena de Ottawa utilizada
- Peso de la arena que ocupa solo el cono.

Procesando estos valores en gabinete se puede hallar el peso unitario seco de campo, que al compararlo con el peso unitario de laboratorio, se obtiene el grado de compactación.

A continuación se detallará el procedimiento y los cálculos de este método descrito en el Manual de materiales de ensayos del MTC, el cual se basa en la NTP 339.143.

➤ **Procedimiento**

Seleccionar una ubicación que sea representativa del área que se va a ensayar y proceder de acuerdo a lo siguiente:

- 1) Inspección del equipo: daños en el cono, rotación libre de la válvula, funcionamiento adecuado del plato de base, llenar el contenedor del cono con arena de Ottawa cuya densidad ya ha sido determinada en laboratorio. Se determina la masa total del equipo.

- 2) Preparación del sitio: la superficie del sitio debe ser un plano nivelado, el plato se debe emplear para remover la superficie a un plano de nivel suave.
- 3) Se coloca el plato sobre la superficie plana, cerciorándose que el borde del orificio central este en contacto con la superficie del terreno. Se marca el contorno del plato para verificar que el plato no se mueva de su lugar original y, de ser necesario, asegurar con clavos el plato sin disturbar el suelo a ensayar.
- 4) Si la nivelación no es adecuada o hay presencia de vacíos en la superficie, se requiere realizar un ensayo preliminar para calcular el volumen que se expulsa horizontalmente y que está limitado por el embudo, el plato y la superficie del terreno.
Se debe llenar el espacio con arena del aparato y se determina la masa de la arena utilizada. Se rellena el contenedor de arena de nuevo y se determina una nueva masa inicial del equipo y de la arena antes de proceder.
- 5) Se excava el hoyo de prueba a través del orificio central de la base, evitando disturbar o deformar el suelo que delimita el orificio. Los volúmenes del orificio deberán ser mayores a los de la siguiente tabla:

Tabla 2. 2. Volúmenes del orificio para el método del cono de arena

Tamaño Máximo de la partícula		Volumen Mínimo del Orificio de Ensayo	
Pulgada	mm	cm ³	pies ³
1/2	12,5	1420	0,05
1	25,0	2120	0,075
2	50,0	2830	0,1

Fuente: Manual de materiales de ensayos del MTC.

Los lados del orificio deben inclinarse levemente hacia adentro, y la parte central debe ser razonablemente plana o cóncava. Debe mantenerse el orificio lo más libre posible de vacíos, obstrucciones fluidas y salientes, pues esto afecta la exactitud del ensayo.

Se coloca todo el suelo excavado y todo el material que se haya soltado durante la excavación en un contenedor hermético identificando el número de prueba. Se debe evitar la pérdida de material y la pérdida de humedad hasta que se haya determinado la masa y se haya obtenido la muestra para la determinación del contenido de agua.

- 6) Culminado el paso anterior se limpia el borde del orificio del plato base, se voltea el aparato del cono de arena y se coloca el embudo de tal forma que calce en el orificio rebordado. Durante la ejecución de la prueba se deben eliminar o minimizar las vibraciones. Se abre la válvula para que la arena llene el orificio, el embudo y el plato base. Evitar que el aparato vibre o se mueva mientras la arena está corriendo. Cuando la arena deje de fluir, cierre la válvula.
- 7) Determinar la masa del aparato con la arena restante y registrar el valor. Calcular también la masa de la arena utilizada.
- 8) Determinar y registrar la masa del material que se extrajo del orificio de prueba. Si se requiere correcciones por material de mayor tamaño, determinar la masa de ese material en la malla apropiada y registrarla,

evitando siempre pérdidas de humedad. Las correcciones apropiadas para el material de mayor tamaño se efectúan utilizando la ATM D 4718.

- 9) Obtener un espécimen representativo para determinar el contenido de humedad, también se puede utilizar toda la muestra. El espécimen debe ser lo suficientemente grande y seleccionado de forma tal que represente todo el material obtenido del orificio de prueba.
- 10) Determinar el contenido de humedad haciendo uso del método de ensayo MTC E 108.



Figura 2. 5. Ensayo de cono de arena en terraplenes

Fuente: Elaboración propia

➤ Cálculos

Los cálculos presentados en el Manual de ensayo de materiales del MTC son para la masa en gramos y para el volumen en centímetros cúbicos, de usarse otras unidades se debe aplicar los factores de corrección adecuados para evitar errores en el cálculo

- 1) Calcular el volumen del orificio de la prueba mediante la siguiente fórmula:

$$V = \frac{(M_1 - M_2)}{\rho_1}$$

Donde:

- V = Volumen de orificio de prueba, cm³
- M₁ = Masa de la arena utilizada para llenar el orificio de prueba, embudo y plato de base, g.
- M₂ = Masa de la arena utilizada para llenar el embudo y el plato de base, g.
- ρ₁ = Densidad del volumen de arena, g/cm³

- 2) Calcular la masa seca del material extraído del orificio de prueba:

$$M_4 = \frac{100 * M_3}{(W + 100)}$$

Donde:

- W = Contenido de humedad del material extraído del orificio de prueba, %
M₃ = Masa húmeda del material del hueco de ensayo, g.
M₄ = Masa seca del material del hueco ensayado, g.

- 3) Calcular la densidad húmeda y seca in-situ del material ensayado:

$$\rho_m = M_3/V$$
$$\rho_d = M_4/V$$

Donde:

- V = Volumen de orificio de prueba, cm³
M₃ = Masa húmeda del material del hueco de ensayo, g.
M₄ = Masa seca del material del hueco ensayado, g.
 ρ_m = Densidad húmeda del material ensayado, o su peso unitario húmedo γ_m , en g/cm³
 ρ_d = Densidad seca del material ensayado, o su peso unitario seco γ_d , en g/cm³

- 4) Es preferible expresar la densidad in-situ como un porcentaje de alguna otra densidad. Esta relación puede determinarse dividiendo la densidad in-situ entre la densidad de laboratorio multiplicándola por 100. Las correcciones para el material de mayor tamaño pueden realizarse de acuerdo a la práctica ASTM D 4718.

2.2.3.2 Método nuclear

El método nuclear es una técnica rápida no destructiva útil para determinar in situ la densidad de suelo y roca, se usa como control de calidad y prueba de aceptación para aplicaciones en construcciones, investigación y desarrollo, al ser no destructiva permite la realización de mediciones repetidas en un solo lugar (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2016).

El manual de ensayo de materiales del MTC, nos describe dos formas de determinar la densidad total ó húmeda del suelo por medio de la atenuación de radiación gamma:

- Método de Retrodifusión, donde la fuente y el detector permanecen en la superficie.
- Método de Transmisión directa, donde la fuente o detector están localizados a una profundidad conocida hasta 30cm mientras que el detector o fuente permanece en la superficie.

2.2.3.2.1 Método de Retrodifusión

Este método es rápido y no destructivo. En este método la fuente de emisiones gamma y los detectores permanecen dentro del densímetro, colocado en la superficie del suelo a analizar. Las emisiones gamma penetran el material, así mismo las emisiones que son recibidas por los detectores son cuantificadas. Su uso se da en capas delgadas, sean asfálticas o losas de concreto hidráulico (TECNOVIAS S.R.L., 2014).

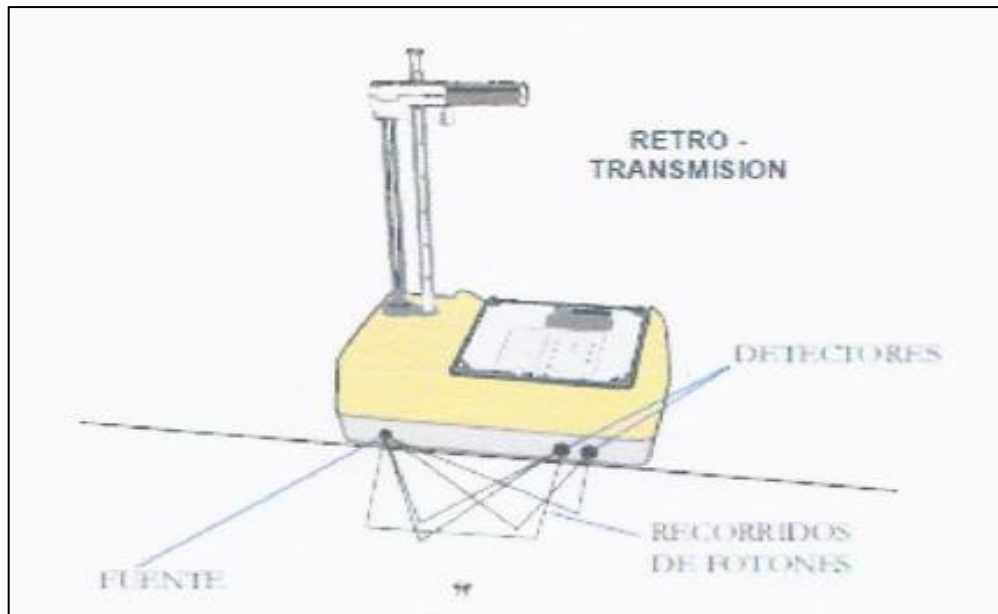


Figura 2. 6. Método de Retrodifusión

Fuente: Procedimiento de operación y protección del densímetro nuclear - TECNOVIAS S.R.L.

2.2.3.2.2 Método de Transmisión Directa

La fuente gamma se posiciona a una profundidad específica, dentro de la capa del suelo a ensayar, mediante su inserción a través de un orificio de acceso. Las emisiones gamma son transmitidas a través del material, hacia los detectores, dentro del densímetro. Este método de operación minimiza los errores por superficies rugosas y composición química del material. Su uso se da en capa con espesor de medio a grueso, de suelos, agregados, capas asfálticas y losas de concreto hidráulico (TECNOVIAS S.R.L., 2014).

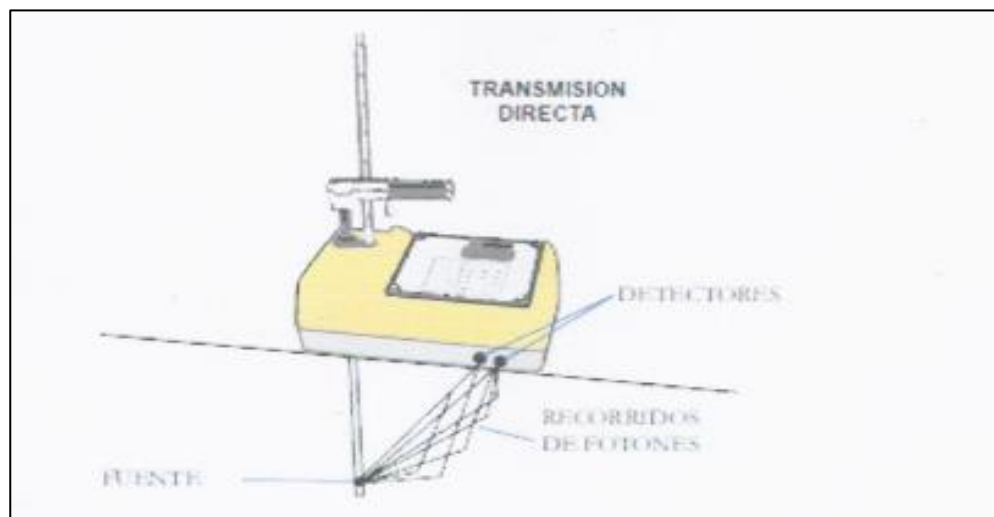


Figura 2. 7. Método de transmisión directa

Fuente: Procedimiento de operación y protección del densímetro nuclear - TECNOVIAS S.R.L.

2.2.3.2.3 Densímetro Nuclear

Es un equipo medidor de densidad y humedad superficial que se puede emplear en suelos, agregados, hormigón y asfalto. La fuente radioactiva de este equipo debe disponer un diseño de doble encapsulación para evitar cualquier fuga de material; adicional a este blindaje tanto de la fuente de neutrones y de fotones, los operadores de los densímetros llevarán consigo un dosímetro durante el transporte y la operación del equipo (TECNOVIAS S.R.L., 2014).

Para la ejecución del ensayo el manual de ensayo de materiales del MTC lista los siguientes implementos:

- Medidor nuclear
- Fuente sellada de radiación gamma
- Detector de radiación gamma
- Dispositivo de preparación del lugar (placa con bordes rectos que guíe la varilla para preparar un agujero perpendicular)
- Varilla de transmisión
- Extractor de varilla de transmisión



Figura 2. 8. Modelos de densímetro nuclear

Fuente: Procedimiento de operación y protección del densímetro nuclear - TECNOVIAS S.R.L.

El laboratorio de ensayo de materiales, mecánica de suelos y concreto “TECNOVIAS S.R.L.” en su Procedimiento de operación y protección del Densímetro Nuclear PR-OPE-001, describe el siguiente proceso a seguir durante el trabajo de campo:

- Aislar y demarcar la zona de trabajo a una distancia mínima de 10m a la redonda.
- El operador debe portar el dosímetro personal.
- Realizar el conteo estándar, es decir, se debe verificar que el equipo medidor esté posicionado adecuadamente sobre el bloque de referencia, en una superficie plana buscando que no se formen colchones de aire.

- Allanar la superficie moviendo la placa, de existir irregularidades en la superficie estas pueden subsanarse con arena fina, con polvo de cemento o cal.
- La varilla de perforación debe pasar por el extractor y por una de las guías de la placa enrazadora. Con el pie sujetando la placa, se golpea con un martillo la barra de perforación hasta lograr 5cm más de la profundidad del ensayo.
- Realizar un trazo en el suelo del perímetro del área de la placa enrazadora. Se procede a retirar la varilla y la placa enrazadora, posteriormente colocar el medidor nuclear sobre el trazo realizado.
- Se inserta la varilla de medición a la profundidad deseada, procurando que la varilla tenga contacto con la pared del orificio. Realizar y registrar los datos.
- El conteo debe realizarse por lo menos a tres metros alejado de cualquier superficie vertical y a diez metros de cualquier otro equipo que contenga fuentes radiactivas. Se debe verificar también, que los datos de densidad estándar y humedad estándar estén dentro de los parámetros establecidos en el certificado de calibración.
- Las mediciones se deben iniciar previa configuración de los parámetros del ensayo tales como, Proctor, unidades de medición, tiempo de ejecución del ensayo, entre otros.
- Al realizarse el ensayo debe retirarse a una distancia no menos a 10 metros y al culminar el ensayo el equipo debe colocarse en una posición segura.
- El densímetro nuclear debe apagarse y guardarse en su caja de transporte y ésta en la casa metálica al culminar las labores para luego ser transportado a la zona de almacenamiento.
- El densímetro nuclear también puede realizar otras operaciones avanzadas como: la compensación, la calibración especial y la medición en capas delgadas.



Figura 2. 9. Ensayo con densímetro nuclear en capa de terraplén

Fuente: Elaboración propia

Antes de iniciar el ensayo se verifica la calibración y se realiza la estandarización del equipo, lo que se describe a continuación, en base a lo establecido por el Manual Ensayo de materiales del MTC:

➤ Calibración

- Al menos una vez cada 12 o 18 meses se verifica o restableces las curvas de calibración, tablas o coeficientes de ecuaciones. También cuando se hayan realizado reparaciones importantes ue afecten la geometría del instrumento
- El equipo debe ser calibrado de forma tal que produzca una respuesta a la calibración de $\pm 16 \text{ kg/m}^3$ en bloques de materiales estándares o de densidades establecidas.

➤ Estandarización

- La fuente de radioactividad, los detectores y los sistemas electrónicos pueden envejecer, a largo plazo, los calibradores nucleares, lo cual podría cambiar la relación entre la velocidad de conteo y la densidad del material. Para ello, el dispositivo puede ser calibrado a una velocidad de conteo hache en relación con una referencia estándar o con un contador con intervalo de aire como se hace con la relación de la velocidad de conteo medida. La velocidad de conteo referencial debe ser del mismo orden de magnitud que la velocidad de conteo medida sobre el rango de densidad útil del instrumento.
- La estandarización debe realizarse al comienzo cada día de trabajo y debe realizarse un registro permanente de dicha información. Se debe llevar a cabo al menos a 8m de distancia de otras fuentes de material radioactivo y alejar las masas grandes o cualquier artículo que pueda afectar la velocidad de conteo referencial.
 - Si el fabricante recomienda brindar resultados más estables y consistentes: enciende el dispositivo de medición antes de usarlo para permitir que se estabilice; dejarlo encendido durante el día en que se usa.
 - Usando la referencia estándar, realizar al menos cuatro lecturas repetidas en el periodo normal de medición y determinar la medida. Si es factible en el dispositivo de medición, se acepta un periodo de medición de cuatro o más veces que el periodo normal. Esto constituye una verificación de estandarización.
 - Si el valor obtenido anteriormente se encuentra dentro de los límites establecidos más adelante, se considera que el dispositivo de medición está en condiciones satisfactorias, y dicho valor puede ser usado para determinar las relaciones de conteo durante el día de uso. Si el valor sobrepasa estos límites, debe permitirse un tiempo adicional para el dispositivo de medición se estabilice, asegurarse de que el área esté libre de fuentes de interferencia y luego realizar otro chequeo de estandarización. Si la segunda verificación de estandarización está dentro de los límites, el dispositivo de medición puede ser usado, pero si el ensayo vuelve a fallar, el dispositivo debe ser ajustado o reparado como lo recomienda el fabricante. Los límites son los siguientes:

$$|N_s - N_0| \leq 2.0 * \sqrt{\frac{N_0}{F}}$$

Donde:

- N_s = Valor de conteo de estandarización actual.
- N_0 = Promedio de los cuatro valores anteriores de N_s tomados antes del uso.
- F = Valor de pre-escala, es un divisor que reduce un valor real para el propósito de exhibición. El fabricante determina si este valor es diferente de 1.0. Algunos instrumentos pueden tener provisiones para calcular y exhibir estos valores.

Si durante los 3 meses previos la estandarización no ha sido verificada, debe realizarse al menos cuatro nuevas verificaciones de estandarización y usar la medida como el valor de N_0 .

- El valor de N_s se usa para determinar las relaciones de conteo para el día en que se usa el equipo. Si la densidad medida se vuelve dudosa durante el día que se emplea el equipo, es necesario realizar otra verificación de estandarización.

2.3 Glosario de términos básicos

- **ASTM**
Asociación Americana para pruebas de Materiales.
- **Arcilla**
Partículas sólidas cuya masa se vuelve plástica al mezclarse con agua. Químicamente es un silicato de alúmina hidratado, aunque a veces también silicato de hierro o magnesio hidratado: átomo en forma laminar. Dos tipos de láminas: sílico y otro aluminico (rectángulo).
- **Grava**
Partículas sueltas de fragmentos de rocas. Cuando son acarreadas por agua ocurre desgaste en aristas.
- **Arena**
Materiales de granos finos procedentes de disgregación o trituración de roca. Se ve y siente claramente los granos individuales. No son plásticas, no se contraen al secarse, no cohesivas. Cuando está seca no es posible moldearla con las manos. Cuando se moldea húmeda se desmorona al tocarla.
- **Base de terraplén**
Parte del terraplén que está por debajo de la superficie original del terreno, la que ha sido variada, por el retiro de material inadecuado (MTC, 2013)
- **C.B.R.**
Ensayo de resistencia que determina la capacidad portante del suelo.
- **Calibración**
Conjunto de operaciones que permiten establecer, en determinadas condiciones experimentales, la relación que existe entre los valores del aparato de medida con los valores obtenidos en la medida de un valor conocido (Varcárcel & Ríos, 1992).
- **Cono de arena**
Dispositivo desarmable que consiste en una válvula cilíndrica unido a un embudo de metal y un contenedor de arena el cual se emplea para determinar la densidad en campo (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2016).
- **Correlación**
Correspondencia o relación recíproca entre dos o más cosas o series de cosas.
- **Corona de terraplén**
Parte superior del terraplén comprendida entre el nivel superior del cuerpo y el nivel de subrasante.
- **Cuerpo de terraplén**
Parte del terraplén comprendida entre la base y la corona.
- **Densidad**
Magnitud que expresa la relación entre la masa y el volumen de un cuerpo. Unidad: kg/m³ (Asociación de academias de la lengua española, 2018).
- **Densímetro nuclear**
Equipo medidor de densidad y humedad superficial para suelos, agregados, hormigón y asfalto (Zarate M., 2014).
- **Emisiones gamma**
Tipo de radiación electromagnética, constituida por fotones, producida por elementos radioactivos o procesos subatómicos.
- **Espécimen**
Muestra, modelo o ejemplar que tiene las cualidades o características que se consideran representativas de la especie a la que pertenece.
- **Estandarización**
Implica concertar algo para que resulte coincidente o concordante con un modelo, patrón o referencia.

- **Grado de compactación**
Relación entre el peso volumétrico seco obtenido en el ensayo de campo y el máximo peso volumétrico seco obtenido en la prueba de laboratorio expresado en porcentaje (Juárez Badillo & Rico Rodríguez, 2005).
- **NTP**
Norma técnica peruana.
- **MTC**
Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- **Peso unitario húmedo**
Peso del suelo por unidad de volumen. (Das, 2013)
- **Peso volumétrico seco**
Peso por unidad de volumen de suelo excluyendo el agua (Das, 2013).
- **Radioactividad**
Transformación espontánea de energía o partículas por parte del átomo, como resultado de la inestabilidad nuclear, tendiendo a encontrar una estructura más estable. Los núcleos que se transforman espontáneamente se denominan radio nucleídos (Zarate M., 2014).
- **S.U.C.S.**
Sistema unificado de clasificación de suelos.
- **Terraplén**
Estructura de tierra que permite elevar la cota de un terreno.

2.4 Marco referencial

Los procedimientos, equipos e instrumentos para realizar los ensayos están normados por la NTP 339.143 (ASTM-1556) para el método de la arena y NTP 339.144 (ASTM D 2922) para el densímetro nuclear.

Así mismo en el Manual de ensayo de materiales del Ministerio de transportes y comunicaciones se da una secuencia detallada para realizar el ensayo de cono de arena, ensayo por métodos nucleares, así como el ensayo de proctor modificado, que permite hallar la densidad seca de laboratorio con que se comparará las densidades de campo.

Para la redacción y presentación del trabajo de investigación se sigue la estructura y parámetros establecidos en el Reglamento de Tesis de la Universidad Nacional de Piura y las Normas APA Sexta edición la cual está establecida para la facultad de ingeniería civil.

2.5 Hipótesis

El método del cono de arena es el método más confiable y factible para realizar controles de densidad de campo en terraplenes; sin embargo, el densímetro nuclear ofrece más rapidez.

III. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Enfoque y diseño

“La investigación es un conjunto de procesos sistemáticos, críticos y empíricos que se aplican al estudio de un fenómeno o problema” (Hernández Sampiere, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2003).

El trabajo de investigación es de tipo cuantitativo. El enfoque cuantitativo se centra en la recolección de datos en base a mediciones numéricas y análisis estadísticos a fin de probar la hipótesis (Hernández Sampiere, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2003).

El diseño de la investigación tiene como fin responder las preguntas de la investigación, cumplir los objetivos del estudio y someter a prueba la hipótesis; los diseños cuantitativos pueden ser de dos tipos: experimental y no experimental (Hernández Sampiere, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2003).

Para el presente trabajo de investigación se desarrollará un diseño experimental. Este diseño se basa en una hipótesis preestablecida, medición de variables y su aplicación debe ceñirse a la concepción inicial del diseño (Hernández Sampiere, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2003).

3.2 Sujetos de la investigación

Universo

Está constituido por todos los tipos de suelos compactados utilizados en el sector construcción.

Población

Constituido por los suelos cohesivos para conformación de terraplenes.

Muestra

Terraplenes conformados con material de préstamo procedente de la cantera Ramírez ubicada en el km 7+000 de la carretera Piura-Paita.

Sujeto de investigación

Las características del material empleado para la conformación de terraplenes se resumen en el siguiente cuadro, y se pueden ver los ensayos de laboratorio en el Anexo 1.

Tabla 3. 1. Características del material de Cantera Ramirez

CARACTERÍSTICAS	
Límite líquido	28
Límite plástico	17
Índice plástico	11
Clasificación SUCS	GC

CARACTERÍSTICAS	
Clasificación AASHTO	A-2-6
Índice de grupo	0
Descripción AASHTO	Regular
Descripción SUCS	Grava arcillosa con arena
Módulo de Fineza	1.3
Densidad máxima(gr/cm ³)	2.128
Humedad óptima (%)	8.4

Fuente: Elaboración propia.

Los terraplenes tienen una altura promedio de 3.10 m de los cuales los últimos 0.20m. son material de afirmado, y los 2.90m restantes se conforman con el material antes descrito proveniente de la Cantera Ramirez.

Dado que en el Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas generales, te mencionan una capa máxima de conformación de 0.30m., se considera para el proceso constructivo de los terraplenes que las 9 primeras capas serán de 0.30m de espesor y la última capa del cuerpo del terraplén de 0.20 m de espesor, solo refiriéndonos a la parte conformada con el material en estudio.

El código de los terraplenes donde se ejecutaron los ensayos se muestra a continuación:

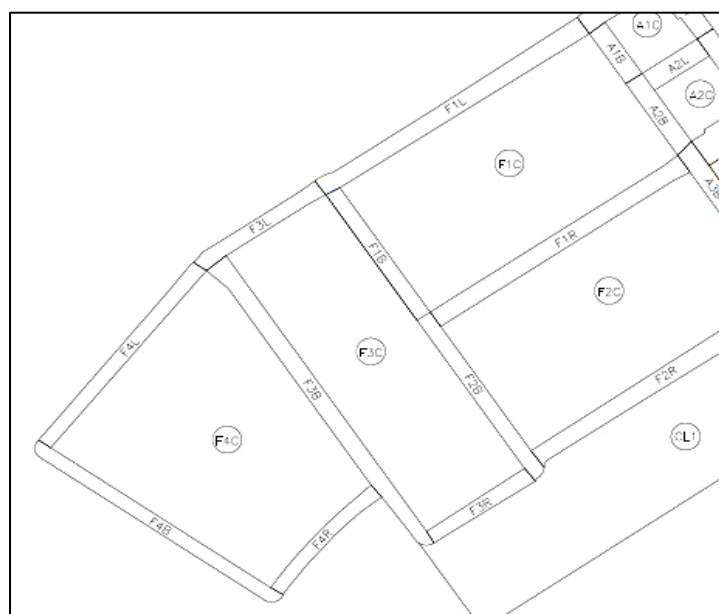


Figura 3. 1. Sectorización de terraplenes

Fuente: Elaboración propia.

Los terraplenes donde se realizó el estudio fueron el F1L, F1R y F3B, que fueron los primeros en construirse con este material. Cabe resaltar que, en promedio cada dique tiene un volumen total de $18,550.00\text{m}^3$, es decir se tiene que conformar en promedio 1764.3m^3 por capa. Siendo que el rendimiento esperado para la actividad de conformación de terraplenes es de $3,000.00\text{m}^3$, era necesario establecer un método de liberación que no restrinja el avance de la producción, ya que por capa se necesita un total de 12 ensayos tal como se muestra en el anexo 2, donde se adjunta el plano de ubicación de los ensayos en los diques antes mencionados.

3.3 Métodos y procedimientos

El desarrollo de la investigación se basará en la siguiente estructura:

1. **Determinación de densidades de campo en puntos del terraplén mediante los dos métodos analizados.**

Se seleccionaron 40 puntos en los tres sectores mencionados, en cada punto se realizó primero el ensayo con el densímetro nuclear, siguiendo el procedimiento descrito en las bases teóricas y que está normado; una vez culminado ese ensayo, al ser no destructivo, sobre el mismo punto, se ejecutó el ensayo del cono de arena, de igual forma siguiendo el procedimiento de ensayo descrito previamente. De esta forma, se obtuvieron los valores de grado de compactación para estos 40 puntos con ambos métodos normalizados.

2. **Observación del procedimiento y control de tiempos de cada ensayo realizado.**

Se realizaron anotaciones sobre las características y cuidados que se deben tener para cada ensayo, así como un control de la duración de cada ensayo, siendo este último contado solo el proceso de ejecución, más no el tiempo de cálculo de resultados para el caso del cono de arena.

3. **Análisis en gabinete de los resultados obtenidos en cada ensayo.**

Con los resultados del grado de compactación obtenidos en campo con el método del cono de arena y con el densímetro nuclear, se procede a realizar tablas comparativas de estos resultados, y en base a ellas el análisis respectivo sobre las diferencias entre uno y otro método.

4. **Análisis económico de los métodos estudiados.**

En función al presupuesto alcanzado por el laboratorio que ejecuta estos ensayos, se realiza un análisis comparativo del costo de ejecución de cada método, siendo el densímetro nuclear, un método cuya rentabilidad no se basa en el número de ensayos sino en la duración de la obra, los presupuestos se han elaborado por mes de trabajo.

Materiales y equipos

1. Equipo de cono de arena (frasco desarmable para arena y plato de metal cuadrado con orificio central)
2. Balanzas (capacidad mínima de 20 kg.)
3. Equipo de medición de humedad (Speedy)
4. Herramientas (combas, cincel, cucharas, mallas metálicas, bolsas, etc.)
5. Arena con coeficiente de uniformidad menor de 2.
6. Densímetro nuclear Troxler Modelo 3440 Plus (incluye su propio transporte).

3.4 Técnicas e instrumentos

Se realizará recolección de datos de campo de los resultados de los ensayos con el método del cono de arena y con el método del densímetro nuclear; así mismo se tomarán datos de

gabinete de los costos de ejecución de cada método de ensayo. Los instrumentos a emplear son los empleados para la ejecución de ambas pruebas estandarizadas.

Los resultados obtenidos de campo se analizarán en gabinete mediante pruebas estadísticas y se analizará mediante tablas y gráficos. Se adjunta matriz de consistencia en el anexo 3.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

Para el trabajo de investigación se realizaron ensayos en 40 puntos diferentes en los diques conformados con suelos cohesivos provenientes de la Cantera Ramírez. Los resultados obtenidos con los ensayos realizados tanto con el método de la arena como con el densímetro nuclear, se presentan a continuación:

4.1.1 Porcentajes de compactación

Tabla 4. 1. Cuadro resumen de grado de compactación obtenidos en la investigación

Ítem	Fecha ensayo	Sector	N° Capa	% Compactación	
				Densímetro Nuclear	Cono Arena
1	2/4/18	F3B-4	5	90.10%	98.30%
2	2/4/18	F3B-3	5	93.40%	96.46%
3	2/4/18	F3B-2	5	92.50%	95.00%
4	2/4/18	F1L-11	4	96.60%	99.11%
5	2/4/18	F1L-10	4	95.30%	98.34%
6	3/4/18	F1R-7	7	97.30%	96.00%
7	3/4/18	F1R-6	7	94.80%	95.40%
8	3/4/18	F1R-5	7	97.30%	95.20%
9	3/4/18	F1R-4	7	95.80%	95.70%
10	3/4/18	F1R-3	7	97.10%	96.80%
11	3/4/18	F1R-2-A	7	95.60%	96.10%
12	3/4/18	F3B-2	6	95.80%	95.00%
13	3/4/18	F3B-3	6	95.60%	96.10%
14	3/4/18	F3B-4	6	98.00%	99.40%
15	4/4/18	F1R-48	8	97.50%	97.70%
16	4/4/18	F1R-49	8	96.70%	96.69%

Ítem	Fecha ensayo	Sector	N° Capa	% Compactación	
				Densímetro Nuclear	Cono Arena
17	4/4/18	F3B-5	6	94.80%	93.16%
18	4/4/18	F3B-6	6	93.30%	95.00%
19	4/4/18	F3B-7	6	98.60%	97.67%
20	4/4/18	F3B-5	6	98.10%	98.80%
21	4/4/18	F3B-8	6	97.70%	97.06%
22	4/4/18	F3B-9	6	96.80%	98.12%
23	4/4/18	F3B-10	6	96.70%	98.18%
24	4/4/18	F1R-46	8	96.10%	96.80%
25	4/4/18	F1R-47	8	97.10%	98.06%
26	4/4/18	F1R-45	8	98.30%	98.38%
27	6/4/18	F3B-4	7	97.90%	95.84%
28	6/4/18	F3B-3	7	99.30%	98.85%
29	6/4/18	F3B-2	7	97.00%	96.73%
30	6/4/18	F1L-10	5	99.50%	97.30%
31	6/4/18	F1L-11	5	97.60%	97.45%
32	6/4/18	F3B-10	7	95.70%	95.00%
33	6/4/18	F3B-9	7	96.10%	96.20%
34	6/4/18	F3B-8	7	98.00%	98.00%
35	6/4/18	F3B-6	7	96.60%	96.60%
36	6/4/18	F3B-7	7	96.40%	96.61%
37	6/4/18	F3B-5	7	95.10%	95.00%
38	6/4/18	F1R-45	9	95.60%	97.10%
39	6/4/18	F1R-46	9	96.20%	96.00%
40	6/4/18	F1R-47	9	97.30%	96.89%

Ítem	Fecha ensayo	Sector	N° Capa	% Compactación	
				Densímetro Nuclear	Cono Arena
			Promedio (%)	96.41%	96.82%
			Desviación estándar (%)	1.75%	1.39%
			Límite inferior (%)	94.66%	95.43%
			Límite Superior (%)	98.16%	98.21%

Fuente: Elaboración propia.

➤ Promedio por capas y sectores:

Tabla 4. 2. Grado de compactación en dique F3B - capa 5

Ítem	Fecha ensayo	Sector	N° Capa	% Compactación	
				Densímetro Nuclear	Cono Arena
1	2/4/18	F3B-4	5	90.10%	98.30%
2	2/4/18	F3B-3	5	93.40%	96.46%
3	2/4/18	F3B-2	5	92.50%	95.00%
			Promedio (%)	92.00%	96.59%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. 3 Grados de compactación en dique F1L - capa 4

Ítem	Fecha ensayo	Sector	N° Capa	% Compactación	
				Densímetro Nuclear	Cono Arena
1	2/4/18	F1L-11	4	96.60%	99.11%
2	2/4/18	F1L-10	4	95.30%	98.34%
			Promedio (%)	95.95%	99.73%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. 4. Grado de compactación en dique F1R - capa 7

Ítem	Fecha ensayo	Sector	N° Capa	% Compactación	
				Densímetro Nuclear	Cono Arena
1	3/4/18	F1R-7	7	97.30%	96.00%
2	3/4/18	F1R-6	7	94.80%	95.40%
3	3/4/18	F1R-5	7	97.30%	95.20%
4	3/4/18	F1R-4	7	95.80%	95.70%
5	3/4/18	F1R-3	7	97.10%	96.80%
6	3/4/18	F1R-2-A	7	95.60%	96.10%
Promedio (%)				96.32%	95.87%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. 5. Grado de compactación en dique F3B – capa 6

Ítem	Fecha ensayo	Sector	N° Capa	% Compactación	
				Densímetro Nuclear	Cono Arena
1	3/4/18	F3B-2	6	95.80%	95.00%
2	3/4/18	F3B-3	6	95.60%	96.10%
3	3/4/18	F3B-4	6	98.00%	99.40%
4	4/4/18	F3B-5	6	94.80%	93.16%
5	4/4/18	F3B-6	6	93.30%	95.00%
6	4/4/18	F3B-7	6	98.60%	97.67%
7	4/4/18	F3B-5	6	98.10%	98.80%
8	4/4/18	F3B-8	6	97.70%	97.06%
9	4/4/18	F3B-9	6	96.80%	98.12%
10	4/4/18	F3B-10	6	96.70%	98.18%
Promedio (%)				96.54%	96.85%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. 6. Grado de compactación en dique F1R - capa 8

Ítem	Fecha ensayo	Sector	N° Capa	% Compactación	
				Densímetro Nuclear	Cono Arena
1	4/4/18	F1R-45	8	98.30%	98.38%
2	4/4/18	F1R-46	8	96.10%	96.80%
3	4/4/18	F1R-47	8	97.10%	98.06%
4	4/4/18	F1R-48	8	97.50%	97.70%
5	4/4/18	F1R-49	8	96.70%	96.69%
Promedio (%)				97.14%	97.53%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. 7. Grado de compactación dique F3B - capa 7

Ítem	Fecha ensayo	Sector	N° Capa	% Compactación	
				Densímetro Nuclear	Cono Arena
1	6/4/18	F3B-10	7	95.70%	95.00%
2	6/4/18	F3B-9	7	96.10%	96.20%
3	6/4/18	F3B-8	7	98.00%	98.00%
4	6/4/18	F3B-6	7	96.60%	96.60%
5	6/4/18	F3B-7	7	96.40%	96.61%
6	6/4/18	F3B-5	7	95.10%	95.00%
7	6/4/18	F3B-4	7	97.90%	95.84%
8	6/4/18	F3B-3	7	99.30%	98.85%
9	6/4/18	F3B-2	7	97.00%	96.73%
Promedio (%)				96.90%	96.54%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. 8. Grado de compactación en F1L - capa 5

Ítem	Fecha ensayo	Sector	N° Capa	% Compactación	
				Densímetro Nuclear	Cono Arena
1	6/4/18	F1L-10	5	99.50%	97.30%
2	6/4/18	F1L-11	5	97.60%	97.45%
Promedio (%)				98.55%	97.38%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. 9. Grado de compactación en dique F1R - capa 9

Ítem	Fecha ensayo	Sector	N° Capa	% Compactación	
				Densímetro Nuclear	Cono Arena
1	6/4/18	F1R-45	9	95.60%	97.10%
2	6/4/18	F1R-46	9	96.20%	96.00%
3	6/4/18	F1R-47	9	97.30%	96.89%
Promedio (%)				96.37%	96.66%

Fuente: Elaboración propia.

- Variación de resultados de grado de compactación de densímetro nuclear respecto del cono de arena

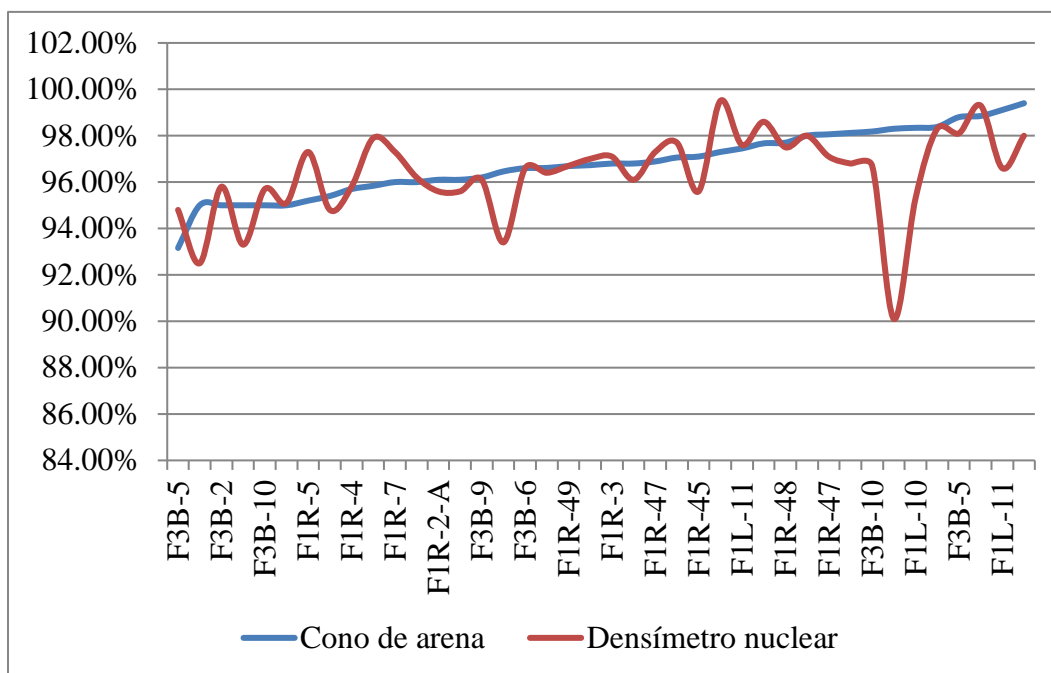
Tabla 4. 10. Variación entre los grados de compactación obtenidos con el cono de arena y el densímetro nuclear

Sector	% Compactación		
	Cono Arena	Densímetro Nuclear	Diferencia
F3B-5	93.16%	94.80%	-2%
F3B-2	95.00%	92.50%	2%
F3B-2	95.00%	95.80%	-1%
F3B-6	95.00%	93.30%	2%
F3B-10	95.00%	95.70%	-1%
F3B-5	95.00%	95.10%	0%
F1R-5	95.20%	97.30%	-2%
F1R-6	95.40%	94.80%	1%
F1R-4	95.70%	95.80%	0%
F3B-4	95.84%	97.90%	-2%
F1R-7	96.00%	97.30%	-1%
F1R-46	96.00%	96.20%	0%
F1R-2-A	96.10%	95.60%	1%
F3B-3	96.10%	95.60%	1%
F3B-9	96.20%	96.10%	0%
F3B-3	96.46%	93.40%	3%
F3B-6	96.60%	96.60%	0%
F3B-7	96.61%	96.40%	0%
F1R-49	96.69%	96.70%	0%
F3B-2	96.73%	97.00%	0%

Sector	% Compactación		
	Cono Arena	Densímetro Nuclear	Diferencia
F1R-3	96.80%	97.10%	0%
F1R-46	96.80%	96.10%	1%
F1R-47	96.89%	97.30%	0%
F3B-8	97.06%	97.70%	-1%
F1R-45	97.10%	95.60%	2%
F1L-10	97.30%	99.50%	-2%
F1L-11	97.45%	97.60%	0%
F3B-7	97.67%	98.60%	-1%
F1R-48	97.70%	97.50%	0%
F3B-8	98.00%	98.00%	0%
F1R-47	98.06%	97.10%	1%
F3B-9	98.12%	96.80%	1%
F3B-10	98.18%	96.70%	1%
F3B-4	98.30%	90.10%	8%
F1L-10	98.34%	95.30%	3%
F1R-45	98.38%	98.30%	0%
F3B-5	98.80%	98.10%	1%
F3B-3	98.85%	99.30%	0%
F1L-11	99.11%	96.60%	3%
F3B-4	99.40%	98.00%	1%

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 4. 1. Variación de los resultados del densímetro respecto del cono de arena



Fuente: Elaboración propia.

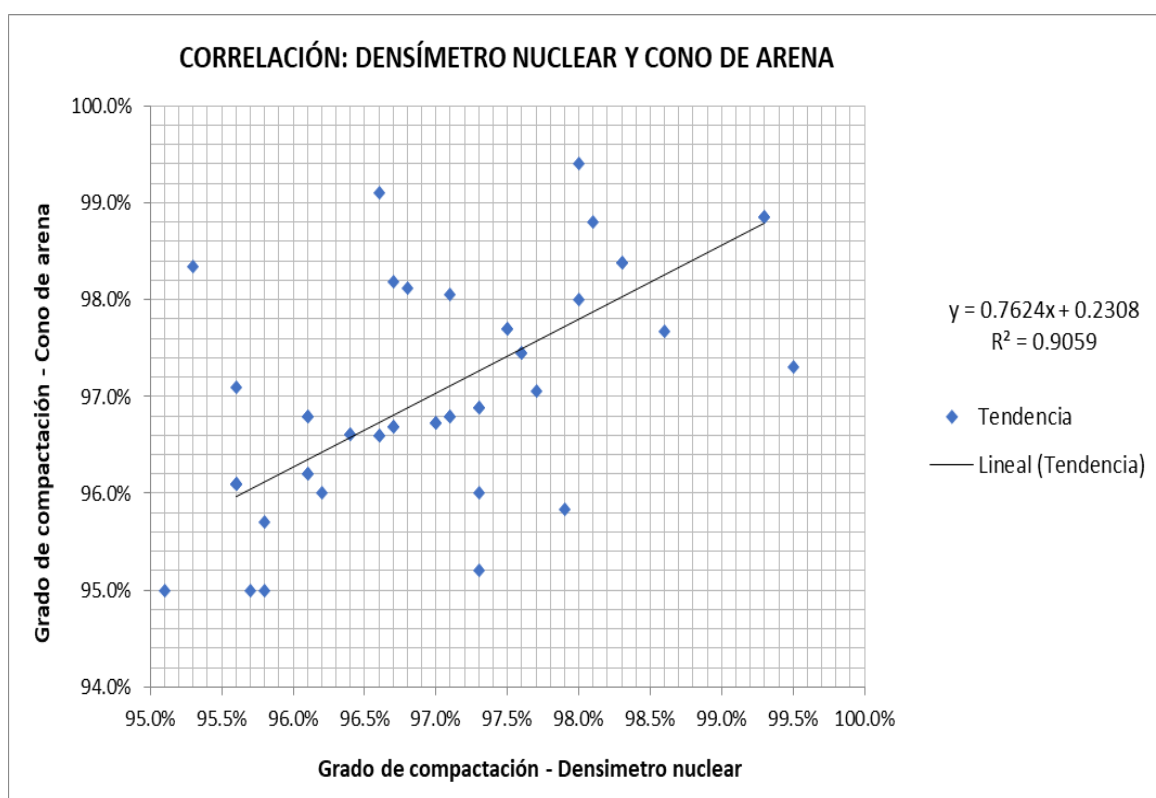
De la tabla 4.10, considerando la totalidad de las muestras analizadas, respecto al porcentaje de compactación se puede determinar que, un 73% de los ensayos tienen una diferencia menor o igual a $\pm 1\%$ del grado de compactación, mientras que el 27% restante tienen una diferencia entre ambos métodos mayores al 1%; sin embargo, en el Gráfico 4-1 se puede apreciar que se mantiene la tendencia entre los resultados con ambos métodos salvo por un caso excepcional en el punto F3B-4 en la que la diferencia es más notoria, por lo que se puede establecer una correlación entre ambos métodos y en función al coeficiente de correlación se determinará si efectivamente existe una relación fuerte entre ambos ensayos.

➤ **Correlación: Densímetro nuclear y cono de arena**

El coeficiente de correlación es un valor numérico que indica que tan buena o que tan mala es la correlación entre las dos variables, es decir, muestra numéricamente la calidad de la relación entre dichas variables. El coeficiente de correlación r se encuentra entre -1 y 1. Si el valor de r es igual o cercano a -1 o 1 se considera una correlación fuerte o perfecta, so es cercano o igual a 0 la correlación es débil o nula. Siendo $r = \sqrt{R^2}$. (Flores Cano, 2014).

Como R^2 es 0.9059 entonces el coeficiente de correlación r tiene como valor 0.9518.

Gráfico 4. 2. Correlación: Densímetro nuclear y cono de arena



Fuente: Informe de especialista de suelos – Proyecto PTAR San Martín.

4.1.2 Duración de ensayo

Para el control de los tiempos de duración del ensayo, como se mencionó previamente se consideró únicamente el tiempo de ejecución del ensayo, es decir, no se considera el tiempo adicional para realizar los cálculos para la entrega de resultados en el método del cono de arena.

Tabla 4. 11. Duración de ejecución de ensayos de método de arena y densímetro nuclear

Ítem	Fecha ensayo	Sector	N° Capa	Duración de ensayo (min)	
				Densímetro Nuclear	Cono Arena
1	2/4/18	F3B-4	5	5	35
2	2/4/18	F3B-3	5	6	29
3	2/4/18	F3B-2	5	5	29
4	2/4/18	F1L-11	4	5	38
5	2/4/18	F1L-10	4	5	34

Ítem	Fecha ensayo	Sector	N° Capa	Duración de ensayo (min)	
				Densímetro Nuclear	Cono Arena
6	3/4/18	F1R-7	7	6	30
7	3/4/18	F1R-6	7	5	28
8	3/4/18	F1R-5	7	6	25
9	3/4/18	F1R-4	7	5	23
10	3/4/18	F1R-3	7	6	27
11	3/4/18	F1R-2-A	7	5	28
12	3/4/18	F3B-2	6	5	24
13	3/4/18	F3B-3	6	5	24
14	3/4/18	F3B-4	6	7	35
15	4/4/18	F1R-48	8	6	32
16	4/4/18	F1R-49	8	6	31
17	4/4/18	F3B-5	6	5	20
18	4/4/18	F3B-6	6	5	28
19	4/4/18	F3B-7	6	6	30
20	4/4/18	F3B-5	6	6	33
21	4/4/18	F3B-8	6	5	31
22	4/4/18	F3B-9	6	5	34
23	4/4/18	F3B-10	6	5	32
24	4/4/18	F1R-46	8	5	28
25	4/4/18	F1R-47	8	5	34
26	4/4/18	F1R-45	8	6	34
27	6/4/18	F3B-4	7	5	26
28	6/4/18	F3B-3	7	6	36
29	6/4/18	F3B-2	7	5	30
30	6/4/18	F1L-10	5	7	31
31	6/4/18	F1L-11	5	5	30
32	6/4/18	F3B-10	7	5	29
33	6/4/18	F3B-9	7	5	28
34	6/4/18	F3B-8	7	6	32
35	6/4/18	F3B-6	7	5	27
36	6/4/18	F3B-7	7	5	29
37	6/4/18	F3B-5	7	5	25
38	6/4/18	F1R-45	9	5	30

Ítem	Fecha ensayo	Sector	N° Capa	Duración de ensayo (min)	
				Densímetro Nuclear	Cono Arena
39	6/4/18	F1R-46	9	5	26
40	6/4/18	F1R-47	9	6	28
Promedio (min)				5.4	29.6

Fuente: Elaboración propia.

4.2 Discusión

En el trabajo de investigación se centraron los ensayos y controles realizados en determinar en primer lugar el grado de compactación mediante la determinación de la densidad de campo empleando el método de cono de arena y el método nuclear haciendo uso del densímetro nuclear. Los ensayos se realizaron en capas de terraplenes conformados con grava arcillosa con arena, obtenida de la cantera Ramirez ubicada en el km 7+000 de la carretera Piura-Paita. Y en segundo lugar, se obtuvieron los tiempos de duración de cada ensayo realizado con ambos métodos.

Estos resultados permitirán lograr el objetivo del trabajo de investigación que es comparar la utilización del método de cono de arena y densímetro nuclear en la determinación de la densidad de campo y verificar, mediante los resultados y características analizadas, la hipótesis de que el método del cono de arena es el método más confiable y factible para realizar controles de densidad de campo en terraplenes; sin embargo, el densímetro nuclear ofrece más rapidez.

La ejecución de los ensayos se basó en realizar ambos ensayos en las capas de conformación del terraplén. Para cada punto de ensayo se realizó primero la medición con el densímetro nuclear y sobre el mismo punto se ejecutó posteriormente la medición con el cono de arena.

De las características del material tenemos que tiene una densidad máxima de 2.128gr/cm^3 y una clasificación en el sistema SUCS de GC (grava arcillosa con arena). Además cabe mencionar que el grado de compactación exigido por norma para controles de compactación en cuerpo de terraplén es de 95%.

En función a los resultados obtenidos y que se muestran en la Tabla 4.1. Cuadro resumen de grado de compactación obtenidos en la investigación, se puede decir que el método de arena mostró menor variación en los resultados pues para la capa 5 del sector F3B (ver Tabla 4.2. Grado de compactación en dique F3B - capa 5), tres de los ensayos no llegaron a la compactación del 95% mientras que con el método del cono de arena los tres puntos obtuvieron el grado de compactación requerido, así mismo, en la capa 4 del sector F1L (ver Tabla 4.3. Grados de compactación en dique F1L - capa 4), si bien para ambos métodos se supera el grado de compactación requerido, el promedio obtenido con el densímetro nuclear es de 95.95% mientras que con el cono de arena se obtiene un promedio de 99.73% de grado de compactación.

En general, el promedio del grado de compactación de los ensayos para cada capa y sector es similar salvo los casos mencionados. Así también la desviación estándar obtenida para el método del cono de arena obtiene un valor de 1.39, mientras que el densímetro nuclear obtenemos un valor de 1.75, por lo que los datos obtenidos con el cono de arena son más cercanos al grado de compactación promedio de los resultados.

En cuanto a la duración de los ensayos es notorio que el proceso mismo de ejecución del ensayo de cono de arena conlleva mucho más tiempo, casi 6 veces, de lo que se necesita para ejecutar el ensayo con el densímetro nuclear, pues el método de la arena depende además de los factores humanos del grado de compactación del suelo.

Los resultados, por tanto, muestran que el método de la arena, aunque tiene un proceso de ejecución mucho más largo con respecto al densímetro nuclear, es un método que nos otorga resultados más confiables por la menor variación de resultados en comparación al otro método, comprobando con ello la hipótesis planteada.

Es importante mencionar que si bien al comparar ambos métodos el método del cono de arena tuvo mejores resultados, los resultados obtenidos con uno y otro método no son tan diferentes, y siendo el densímetro nuclear un ensayo mucho más rápido de ejecutar, se emplea en proyectos donde se requiere ensayar un número elevado de densidades de campo, como es el caso de los terraplenes del caso de estudio de esta investigación.

De la tabla 4.10 tenemos que un 73% de los ensayos tienen una diferencia menores o iguales a $\pm 1\%$ del grado de compactación, mientras que el 27% restante tienen una diferencia entre ambos métodos mayores al 1%, las diferencias obtenidas se deben principalmente a que las humedades obtenidas para el caso del cono de arena son menores comparados con el densímetro

nuclear por lo que incrementa el porcentaje de compactación al ser este valor inversamente proporcional a la humedad, esto se debe a la falta de uniformidad del material en el momento de la conformación, pues el cono de arena evalúa los 15 cm superiores de la capa conformada, mientras el densímetro evalúa el espesor total de la capa, en el caso estudiado la capa de 30 cm.

En el Gráfico 4.1 se puede apreciar que se mantiene una tendencia cercana entre los resultados obtenidos con el cono de arena y el densímetro nuclear salvo en el punto F3B-4, siendo este un caso aislado, por lo que sí se puede establecer una correlación entre ambos métodos. Por tanto, si se requiere obtener valores equivalentes entre uno y otro método se realiza una correlación tomando como variable independiente el cono de arena. Realizando este análisis como se observa en el Gráfico 4.2. Correlación: Densímetro nuclear y cono de arena, de los resultados de los ensayos realizados se obtiene una regresión lineal de $R^2=0.9059$, siendo entonces el valor de $r = 0.95$ (cercano a uno). Es así que se considera existe una correlación fuerte del densímetro nuclear respecto del cono de arena, lo que permite obtener valores equivalentes del grado de compactación obtenido con el densímetro nuclear en función al cono de arena (Ver. Anexo IV) y determinar que los resultados del grado de compactación con densímetro nuclear con la correlación realizada varía alrededor de 1% con respecto a los valores con el cono de arena.

Los resultados obtenidos, como se mencionó comprueban la hipótesis planteada, es decir, el método del cono de arena es el método más confiable y factible para realizar controles de densidad de campo en terraplenes; sin embargo, el densímetro nuclear ofrece más rapidez. Estos resultados son similares a lo obtenido por Estuardo de León Monroy, Eddy José, en su trabajo de graduación, en el análisis que realiza en materiales para capa de base y sub base; sin embargo, en su trabajo los resultados al ser comparados con el 100% del grado de compactación ofrecen resultados determinantes a favor para el cono de arena en cuanto a confiabilidad de resultados, aunque se menciona el tiempo como una desventaja del ensayo tal como se ha verificado en este trabajo de investigación.

4.2.1 Ventajas y desventajas del método de cono de arena y del densímetro nuclear.

En función a las características observadas de cada ensayo se va a proceder a determinar qué ventajas y desventajas tiene cada método:

Tabla 4. 12. Ventajas y desventajas del método del cono de arena

Método del cono de arena	
Ventajas	Desventajas
El procedimiento es fácil de aprender y de ejecutar.	La duración del ensayo es prolongada debido a que es un método tradicional.
Los instrumentos empleados para la ejecución del ensayo son económicos.	Depende del factor humano (cansancio, estado de ánimo, etc.)
La ejecución del ensayo no requiere de un técnico especialista.	Se debe evitar trabajos de compactación cercanos u otros que produzcan vibración pues altera el ensayo.
Se puede hacer una inspección visual del estrato que se ensaya.	Requiere la calibración de los instrumentos (balanzas, cono de arena)
	Es un método destructivo.
	El error en cálculos o en la toma de datos como pesajes origina resultados no acordes con lo visto en campo.
	Determina el grado de compactación en los 15 cm superiores de la capa ensayada.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. 13. Ventajas y desventajas del densímetro nuclear

Método del densímetro nuclear	
Ventajas	Desventajas
Procedimiento fácil de ejecutar.	Es perjudicial para el operador del equipo
Permite determinar el grado de compactación en la totalidad de la capa.	Se debe evitar trabajos de compactación cercanos u otros que produzcan vibración pues altera el ensayo.
Los resultados se obtienen de manera rápida.	No es posible una inspección visual del estrato que se ensaya.
Método no destructivo	El costo del equipo es elevado
Se pueden ejecutar mayor cantidad de ensayos en menor tiempo.	
Los datos se pueden almacenar en la memoria del equipo y dispone de ellos.	

Fuente: Elaboración propia

4.2.2 Comparación de costos de ejecución de ensayos

Se ha comparado previamente las características entre el método del cono de arena y el densímetro nuclear, así como los resultados que se han obtenido con cada uno, ahora se procederá a analizar la conveniencia económica de cada ensayo, pues este es un factor que influye en la elección de qué método emplear para las obras con movimiento de tierras masivos. El presupuesto que se presentará a continuación es el correspondiente al laboratorio que ejecutó los ensayos tanto del cono de arena como del densímetro nuclear por mes de trabajo.

4.2.2.1 Presupuesto del cono de arena

Tabla 4. 14. Presupuesto del ensayo con cono de arena.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNID.	CANT.	P. UNIT. S/	TOTAL S/
1	Ensayos con cono de arena				
1.1	Equipo de Laboratorio	mes	1.00	S/ 600.00	S/ 600.00
1.2	Movilización en obra de personal	mes	1.00	S/ 600.00	S/ 600.00
1.3	Técnico de Laboratorio	mes	1.00	S/ 2,600.00	S/ 2,600.00
1.4	Viático del Personal	mes	1.00	S/ 800.00	S/ 800.00
SUBTOTAL					S/ 4,600.00

Fuente: Elaboración propia.

4.2.2.2 Presupuesto del densímetro nuclear

Tabla 4. 15. Presupuesto de ensayo con densímetro nuclear

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNID.	CANT.	P. UNIT. S/	TOTAL S/
2.	Ensayos con el Densímetro Nuclear				
2.1	Equipo de Densímetro Nuclear (alquiler)	mes	1.00	S/ 3,200.00	S/ 3,200.00
2.2	Movilización en obra de personal	mes	1.00	S/ 2,700.00	S/ 2,700.00
2.3	Operador certificado para el uso del Densímetro Nuclear	mes	1.00	S/ 3,200.00	S/ 3,200.00
2.4	Movilización y Viático del Personal	mes	1.00	S/ 1,450.00	S/ 1,450.00
SUBTOTAL					S/ 10,550.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. 16. Cuadro comparativo de costos de ensayos (por mes)

	Método del cono de arena	Densímetro Nuclear
COSTO POR MES	S/ 4,600.00	S/ 10,550.00

Fuente: Elaboración propia.

Como podemos observar, el costo del densímetro nuclear es más del doble de lo que cuesta realizar ensayos con el cono de arena. Por lo tanto también se comprueba que el método del cono de arena es más factible en términos económicos, se debería evaluar la cantidad de ensayos que se van a ejecutar para saber si conviene emplear uno u otro método. Si analizamos el presupuesto del cono de arena se basa en un solo personal realizando ensayos, pero de requerir mayor cantidad de ensayos se necesitaría personal adicional y equipos de laboratorio adicionales, lo que elevaría su costo, mientras que el densímetro nuclear al tener una ejecución cuyo tiempo es 6 veces menor que el cono de arena puede realizar mayor cantidad de ensayos sin variar el presupuesto. Por tanto, a mayor cantidad de ensayos el densímetro nuclear podría convertirse en una mejor alternativa.

CONCLUSIONES

- ❖ Ambos métodos están normados, el método del cono de arena mediante la norma NTP 339.143 (ASTM D 1556) y el densímetro nuclear con la norma NTP 339.144 (ASTM D 2922), por tanto, están validados en nuestro país para la determinación de densidades de campo, independientemente de las ventajas y desventajas que pueda presentar un método con respecto del otro.
- ❖ De los resultados obtenidos, el 73% de los ensayos tienen una diferencia menor o igual a $\pm 1\%$ entre el grado de compactación obtenido con el cono de arena y el obtenido con el densímetro nuclear, mientras que el 27% restante tienen una diferencia entre ambos métodos superiores al 1%.
- ❖ Los resultados de grado de compactación con el método del cono de arena y con el densímetro nuclear para el material GC (grava arcillosa) para conformación de terraplenes, son equivalentes entre sí, siendo el coeficiente de correlación de 0.95 del densímetro nuclear con respecto al cono de arena, este valor cercano a uno indica una correlación fuerte entre ambos métodos, teniendo así que el grado de compactación promedio de los 40 ensayos ejecutados es de 96.41% con el densímetro nuclear y 96.82% con el cono de arena.
- ❖ De acuerdo con los resultados obtenidos, la determinación de densidades de campo con el método del cono de arena presentó más confiabilidad en comparación al densímetro nuclear, esto basándonos en que la desviación estándar fue menor para el cono de arena. Así mismo, las mediciones efectuadas cumplen con el parámetro de que el grado de compactación debe ser mayor al 95% del proctor modificado para capas del cuerpo del terraplén, mientras que con el densímetro nuclear, se obtuvo que tres de los puntos de evaluación no cumplieron con este requisito, nótese que los ensayos se realizaron en el mismo punto.
- ❖ El tiempo de ejecución del ensayo con el método del cono de arena es alrededor de 6 veces el tiempo de ejecución del ensayo para determinar la densidad de campo con el densímetro nuclear. El factor tiempo es influyente en la elección del método a emplear, dependiendo de la cantidad de ensayos que requiera cada proyecto, así como el rendimiento de conformación que se espera, pues en conformación de terraplenes es necesaria la liberación de las capas previas para poder continuar con el proceso constructivo.
- ❖ El costo del ensayo con el densímetro nuclear es más del doble en comparación al método del cono de arena, esto se determina en base a los resultados de la comparación por un mes de servicio (para jornada laboral de 48 horas semanales), pues el costo del densímetro nuclear es S/.10,550.00 mientras que el del cono de arena es de S/. 4,600.00. Para cada proyecto se debe analizar si la cantidad de ensayos a realizar cubre el costo que demanda el densímetro nuclear para que este sea económicamente viable.
- ❖ La ejecución de los ensayos por ambos métodos, requieren de un ambiente libre de vibraciones para evitar resultados errados durante el ensayo, esto puede representar una limitante para el área de producción de una obra.

RECOMENDACIONES



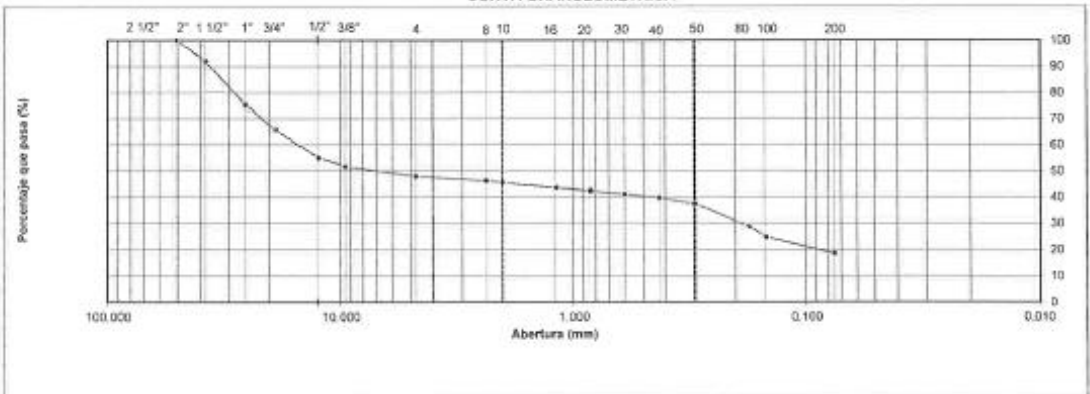









- ❖ Durante la ejecución de ensayos de control de densidad se debe de evitar tránsito con maquinaria pesada o realización de compactación cercana a la zona de ensayo, para evitar resultados de ensayos errados, que puedan afectar la posterior comparación.
- ❖ Al ejecutar el ensayo con el densímetro nuclear es necesario que el operador certificado porte su dosímetro y se delimite el área de trabajo para evitar que personas se acerquen mientras el equipo emite la radiación.
- ❖ Es necesario que los equipos empleados en cada ensayo de determinación de densidad de campo tengan su certificado de calibración y esta se renueve periódicamente.
- ❖ Es necesario realizar el proceso de estandarización en el densímetro nuclear al inicio de cada jornada para garantizar que los resultados de los ensayos que arroje el equipo son confiables.
- ❖ La arena de Ottawa es recuperada de cada ensayo, por tanto, se debe verificar la humedad de la arena recuperada y tamizar la arena adecuadamente para evitar que ingresen partículas contaminantes al cono de arena.
- ❖ Una forma alternativa de emplear el densímetro nuclear, es realizar una correlación con el densímetro nuclear y ejecutar ambos ensayos de forma proporcional, por ejemplo, cada 5 ensayos con densímetro nuclear realizar 1 con cono de arena, de tal forma que permita verificar que los resultados obtenidos resultan confiables sin representar un retraso en la producción de una obra.
- ❖ Se debe asegurar que el proceso de conformación sea el adecuado para garantizar la uniformidad del material procurando que haya una distribución adecuada de los agregados, así como de la humedad.



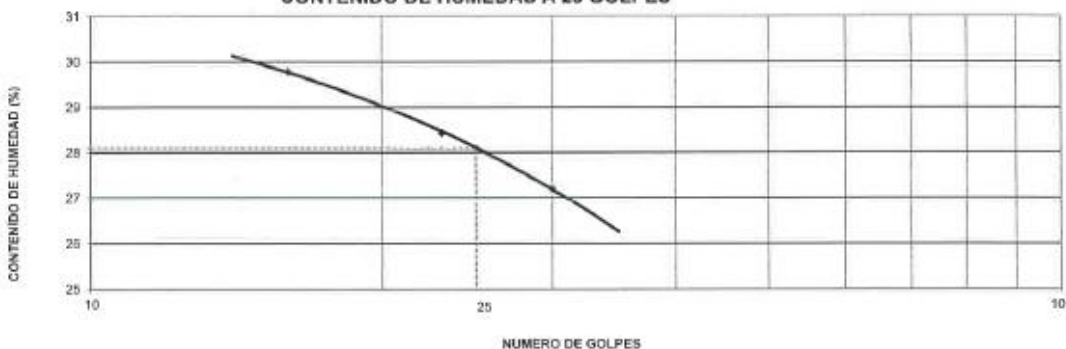

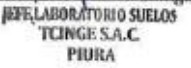


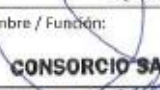

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS




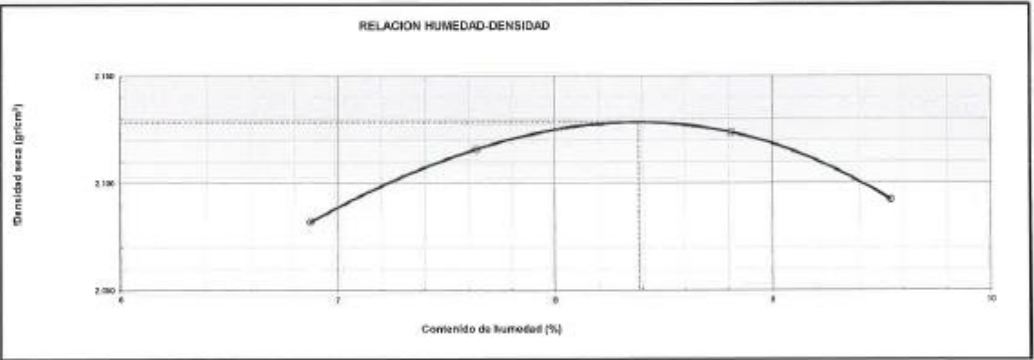



- ASOCIACIÓN DE ACADEMIAS DE LA LENGUA ESPAÑOLA. (2018). Real Academia Española. Disponible en <https://dle.rae.es> [accesado el 21/02/19].
- Das, B. M. (Junio de 2013). Fundamentos de ingeniería geotécnica - Cuarta Edición. México, Perú: Cengage Learning Latinoamérica.
- FLORES CANO, J. M. (2014). Validación de la determinación de la densidad in-situ, de un tramo del proyecto "Collas-Tababela", utilizando un densímetro eléctrico y comparando los resultados con el densímetro nuclear y el cono y arena. Tesis. Título de Ingeniero Civil. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- HERNÁNDEZ SAMPIERE, C., FERNÁNDEZ COLLADO, C., & BAPTISTA LUCIO, P. (2003). Metodología de la investigación. México: Mc Graw.
- JUÁREZ BADILLO, E., & RICO RODRÍGUEZ, A. (2005). Mecánica de suelos. Tomo I: Fundamentos de la Mecánica de Suelos. D.F. México: LIMUSA, S.A.
- MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES. (2016). Manual de ensayo de materiales. Perú.
- MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCION Y SANEAMIENTO (2006). Reglamento Nacional de Edificaciones. Lima, Perú.
- NTP 339.143. Norma Técnica Peruana SUELOS. Método de ensayo estándar para la densidad y el peso unitario del suelo in-situ mediante el método del cono de arena.
- NTP 339.144. Norma Técnica Peruana SUELOS. Método de ensayo estándar para la densidad in situ de suelos y suelo-agregado por métodos nucleares (profundidad superficial).
- REVISTA DE LA CONSTRUCCIÓN. Correlación entre densímetro nuclear y cono de arena para suelos finos de baja plasticidad y no cohesivos, Volumen 5 Edición semestral, 23-32.
- RICO RODRIGUEZ, A., & DEL CASTILLO, H. (2005). La ingeniería de suelos en las vías terrestres Carreteras, ferrocarriles y aeropistas. México: Limusa.
- ROSALES TORRES, E. (Agosto de 2009). Ventajas y desventajas de la utilización del método de la arena y el densímetro nuclear en la determinación de la densidad de campo. Tesis. Ingeniero Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- VARCÁRCEL, M., & RÍOS, A. (1992). La calidad en los laboratorios analíticos. España: REVERTÉ S.A.
- YESCAS GONZÁLEZ, C. (2016). Peso volumétrico seco suelto Granulometría. Oaxaca.
- ZARATE M., J. (2014). Procedimiento de operación y protección del densímetro nuclear. Tecnovias S.R.L.

ANEXOS

ANEXO I: Ensayos de laboratorio de material procedente de la Cantera Ramírez

		Proyecto: "AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES - SAN MARTÍN, REGIÓN PIURA" - código SNP N° 270163																																																																																																																																																																			
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (NORMA MTC E-107, E-108 AASHTO T-27, ASTM D422)																																																																																																																																																																					
Código Formato: FC - LAB - 01	Revisión: B	Fecha: 01-11-2017	CR: 3052	N° Registro:	Página 1 de 1																																																																																																																																																																
Cliente: Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento - Programa Nacional de Saneamiento Urbano			Muestra: M-01																																																																																																																																																																		
Estructura: Capa de transferencia			Procedencia: Cantera Ramírez																																																																																																																																																																		
Ubicación: PTAR			Fecha ensayo: 13/11/2017																																																																																																																																																																		
Documentos de referencia: Norma MTC E-107, E-108 AASHTO T-27, ASTM D422, RNE E-050 Suelos y Cimentación Técnico Laboratorio: Brajhan Guzmán Chinguel																																																																																																																																																																					
1. EQUIPOS UTILIZADOS																																																																																																																																																																					
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Descripción</th> <th>Código / N°</th> <th>Observación</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Juego de tamices</td> <td>B-01</td> <td>Varios</td> </tr> <tr> <td>Balanza</td> <td>H-01</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Horno</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>						Descripción	Código / N°	Observación	Juego de tamices	B-01	Varios	Balanza	H-01		Horno																																																																																																																																																						
Descripción	Código / N°	Observación																																																																																																																																																																			
Juego de tamices	B-01	Varios																																																																																																																																																																			
Balanza	H-01																																																																																																																																																																				
Horno																																																																																																																																																																					
2. DATOS DE LA MUESTRA																																																																																																																																																																					
Calicata: N/A		TAMAÑO MÁXIMO: :																																																																																																																																																																			
Muestra: M-01 - Cantera Meléndez		Peso inicial seco: :		7571 g																																																																																																																																																																	
PROF. (m): N/A		Peso lavado seco: :		7375.0 g																																																																																																																																																																	
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>TAMIZ</th> <th>AASHTO T-27 (mm)</th> <th>PESO RETENIDO</th> <th>PORCENTAJE RETENIDO</th> <th>ACUMULADO</th> <th>PORCENTAJE QUE PASA</th> <th>ESPECIFICACIÓN</th> <th>DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2 1/2"</td> <td>76.200</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>100.0</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2"</td> <td>50.800</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>100.0</td> <td></td> <td>Límite Líquido (LL): 28</td> </tr> <tr> <td>1 1/2"</td> <td>38.100</td> <td>617.0</td> <td>8.1</td> <td>8.1</td> <td>91.9</td> <td></td> <td>Límite Plástico (LP): 17</td> </tr> <tr> <td>1"</td> <td>25.400</td> <td>1255.0</td> <td>16.6</td> <td>24.7</td> <td>75.3</td> <td></td> <td>Índice Plástico (IP): 11</td> </tr> <tr> <td>3/4"</td> <td>19.000</td> <td>721.0</td> <td>9.5</td> <td>34.2</td> <td>65.8</td> <td></td> <td>Clasificación (SUCS): OC</td> </tr> <tr> <td>1/2"</td> <td>12.500</td> <td>607.0</td> <td>10.7</td> <td>44.9</td> <td>55.1</td> <td></td> <td>Clasificación (AASHTO): A-2.6</td> </tr> <tr> <td>3/8"</td> <td>9.500</td> <td>245.0</td> <td>3.3</td> <td>48.2</td> <td>51.8</td> <td></td> <td>Índice de Grupo: (0)</td> </tr> <tr> <td>N° 4</td> <td>4.750</td> <td>285.0</td> <td>3.8</td> <td>52.0</td> <td>48.0</td> <td></td> <td>Descripción (AASHTO): REGULAR</td> </tr> <tr> <td>N° 6</td> <td>2.360</td> <td>19.0</td> <td>1.0</td> <td>53.8</td> <td>46.2</td> <td></td> <td>Descripción (SUCS): Grava arcillosa con arena</td> </tr> <tr> <td>N° 10</td> <td>2.000</td> <td>7.0</td> <td>0.7</td> <td>54.4</td> <td>45.6</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>N° 16</td> <td>1.180</td> <td>20.0</td> <td>1.9</td> <td>56.3</td> <td>43.7</td> <td></td> <td>Módulo de Fineza: 1.5</td> </tr> <tr> <td>N° 20</td> <td>0.840</td> <td>13.0</td> <td>1.2</td> <td>57.5</td> <td>42.5</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>N° 30</td> <td>0.600</td> <td>14.0</td> <td>1.3</td> <td>58.9</td> <td>41.1</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>N° 40</td> <td>0.425</td> <td>15.0</td> <td>1.4</td> <td>60.3</td> <td>39.7</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>N° 50</td> <td>0.300</td> <td>24.0</td> <td>2.3</td> <td>62.5</td> <td>37.5</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>N° 60</td> <td>0.177</td> <td>92.0</td> <td>6.7</td> <td>71.2</td> <td>28.8</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>N° 100</td> <td>0.150</td> <td>43.0</td> <td>4.1</td> <td>75.3</td> <td>24.7</td> <td></td> <td>Grava 2" - N° 4: 52.0</td> </tr> <tr> <td>N° 200</td> <td>0.075</td> <td>66.0</td> <td>6.2</td> <td>81.5</td> <td>18.5</td> <td></td> <td>Arena N° 4 - N° 200: 29.0</td> </tr> <tr> <td>< N° 200</td> <td>FONDO</td> <td>196.0</td> <td>16.5</td> <td>100.0</td> <td>0.0</td> <td></td> <td>Finos < N° 200: 18.5</td> </tr> </tbody> </table>						TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	2 1/2"	76.200	0.0	0.0	0.0	100.0			2"	50.800	0.0	0.0	0.0	100.0		Límite Líquido (LL): 28	1 1/2"	38.100	617.0	8.1	8.1	91.9		Límite Plástico (LP): 17	1"	25.400	1255.0	16.6	24.7	75.3		Índice Plástico (IP): 11	3/4"	19.000	721.0	9.5	34.2	65.8		Clasificación (SUCS): OC	1/2"	12.500	607.0	10.7	44.9	55.1		Clasificación (AASHTO): A-2.6	3/8"	9.500	245.0	3.3	48.2	51.8		Índice de Grupo: (0)	N° 4	4.750	285.0	3.8	52.0	48.0		Descripción (AASHTO): REGULAR	N° 6	2.360	19.0	1.0	53.8	46.2		Descripción (SUCS): Grava arcillosa con arena	N° 10	2.000	7.0	0.7	54.4	45.6			N° 16	1.180	20.0	1.9	56.3	43.7		Módulo de Fineza: 1.5	N° 20	0.840	13.0	1.2	57.5	42.5			N° 30	0.600	14.0	1.3	58.9	41.1			N° 40	0.425	15.0	1.4	60.3	39.7			N° 50	0.300	24.0	2.3	62.5	37.5			N° 60	0.177	92.0	6.7	71.2	28.8			N° 100	0.150	43.0	4.1	75.3	24.7		Grava 2" - N° 4: 52.0	N° 200	0.075	66.0	6.2	81.5	18.5		Arena N° 4 - N° 200: 29.0	< N° 200	FONDO	196.0	16.5	100.0	0.0		Finos < N° 200: 18.5
TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA																																																																																																																																																														
2 1/2"	76.200	0.0	0.0	0.0	100.0																																																																																																																																																																
2"	50.800	0.0	0.0	0.0	100.0		Límite Líquido (LL): 28																																																																																																																																																														
1 1/2"	38.100	617.0	8.1	8.1	91.9		Límite Plástico (LP): 17																																																																																																																																																														
1"	25.400	1255.0	16.6	24.7	75.3		Índice Plástico (IP): 11																																																																																																																																																														
3/4"	19.000	721.0	9.5	34.2	65.8		Clasificación (SUCS): OC																																																																																																																																																														
1/2"	12.500	607.0	10.7	44.9	55.1		Clasificación (AASHTO): A-2.6																																																																																																																																																														
3/8"	9.500	245.0	3.3	48.2	51.8		Índice de Grupo: (0)																																																																																																																																																														
N° 4	4.750	285.0	3.8	52.0	48.0		Descripción (AASHTO): REGULAR																																																																																																																																																														
N° 6	2.360	19.0	1.0	53.8	46.2		Descripción (SUCS): Grava arcillosa con arena																																																																																																																																																														
N° 10	2.000	7.0	0.7	54.4	45.6																																																																																																																																																																
N° 16	1.180	20.0	1.9	56.3	43.7		Módulo de Fineza: 1.5																																																																																																																																																														
N° 20	0.840	13.0	1.2	57.5	42.5																																																																																																																																																																
N° 30	0.600	14.0	1.3	58.9	41.1																																																																																																																																																																
N° 40	0.425	15.0	1.4	60.3	39.7																																																																																																																																																																
N° 50	0.300	24.0	2.3	62.5	37.5																																																																																																																																																																
N° 60	0.177	92.0	6.7	71.2	28.8																																																																																																																																																																
N° 100	0.150	43.0	4.1	75.3	24.7		Grava 2" - N° 4: 52.0																																																																																																																																																														
N° 200	0.075	66.0	6.2	81.5	18.5		Arena N° 4 - N° 200: 29.0																																																																																																																																																														
< N° 200	FONDO	196.0	16.5	100.0	0.0		Finos < N° 200: 18.5																																																																																																																																																														
CURVA GRANULOMÉTRICA																																																																																																																																																																					
																																																																																																																																																																					
3. OBSERVACIONES																																																																																																																																																																					
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Elaborado por</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">Revisado por</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">Aprobado por</td> </tr> <tr> <td>Nombre / Función:</td> <td></td> <td>Nombre / Función:</td> <td></td> <td>Nombre / Función:</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">  BRAJHAN GUZMÁN CHINGUEL JEFE LABORATORIO SUELOS S.A.C. PIURA </td> <td colspan="2" style="text-align: center;">  CONSORCIO SADE - COSAPI CARLOS ALBERTO TUPIA CORDOVA Especialista Medición de Suelos </td> <td colspan="2" style="text-align: center;">  CONSORCIO SADE - COSAPI ING. RAUL CABANILLAS OLIVA CIP N° 44808 JEFE RESIDENTE DE OBRA </td> </tr> <tr> <td>Firma:</td> <td></td> <td>Firma:</td> <td></td> <td>Firma:</td> <td></td> </tr> </table>						Elaborado por		Revisado por		Aprobado por		Nombre / Función:		Nombre / Función:		Nombre / Función:		 BRAJHAN GUZMÁN CHINGUEL JEFE LABORATORIO SUELOS S.A.C. PIURA		 CONSORCIO SADE - COSAPI CARLOS ALBERTO TUPIA CORDOVA Especialista Medición de Suelos		 CONSORCIO SADE - COSAPI ING. RAUL CABANILLAS OLIVA CIP N° 44808 JEFE RESIDENTE DE OBRA		Firma:		Firma:		Firma:																																																																																																																																									
Elaborado por		Revisado por		Aprobado por																																																																																																																																																																	
Nombre / Función:		Nombre / Función:		Nombre / Función:																																																																																																																																																																	
 BRAJHAN GUZMÁN CHINGUEL JEFE LABORATORIO SUELOS S.A.C. PIURA		 CONSORCIO SADE - COSAPI CARLOS ALBERTO TUPIA CORDOVA Especialista Medición de Suelos		 CONSORCIO SADE - COSAPI ING. RAUL CABANILLAS OLIVA CIP N° 44808 JEFE RESIDENTE DE OBRA																																																																																																																																																																	
Firma:		Firma:		Firma:																																																																																																																																																																	

		Proyecto: "AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES - SAN MARTÍN, REGIÓN PIURA" - código SNIP N° 270163			
DETERMINACION DE LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD (NORMA ASTM D 4318, MTC E-110, MTC E-111)					
Código Formato: FC - LAB - 02	Revisión: B	Fecha: 01-11-2017	CR: 3052	N° Registro:	PÁGINA 1 de 1
Cliente: Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento - Programa Nacional de Saneamiento Urbano Estructura: Capa de transferencia Ubicación: PTAR Documentos de referencia: NORMA ASTM D 4318, MTC E-110, MTC E-111, RNE E-050 Suelos y Cimentaciones			Muestra: M-01 Procedencia: Cantera Ramirez Fecha ensayo: 13/11/2017 Técnico laboratorio: Brahan Guzmán Chinguel		
1. EQUIPOS UTILIZADOS					
Descripción	Codigo / N°	Observación			
Juego de tamices	Tamiz N° 40				
Balanza	B-01				
Horno	H01				
2. LÍMITE LÍQUIDO					
N° TARRO	10	20	24		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g) 23.63	21.92	27.13		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g) 20.70	19.48	24.38		
PESO DE AGUA	(g) 2.93	2.44	2.77		
PESO DEL TARRO	(g) 9.93	10.90	15.06		
PESO DEL SUELO SECO	(g) 10.8	8.6	9.3		
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%) 27.2	28.4	29.8		
NUMERO DE GOLPES	30	23	16		
3. LÍMITE PLÁSTICO					
N° TARRO	7	23			
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g) 26.48	26.19			
PESO TARRO + SUELO SECO	(g) 24.04	24.86			
PESO DE AGUA	(g) 1.44	1.53			
PESO DEL TARRO	(g) 15.25	15.57			
PESO DEL SUELO SECO	(g) 8.79	9.09			
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%) 16.4	16.8			
CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES					
					
CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA					
LÍMITE LÍQUIDO	28				
LÍMITE PLÁSTICO	17				
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	11				
4. OBSERVACIONES					
Elaborado por Nombre / Función:  Firma:  Ing. Brahan Guzmán Chinguel JEFE LABORATORIO SUELOS TCEINGE S.A.C. PIURA		Revisado por Nombre / Función:  Firma:  CONSORCIO SADE - COSAPI CARLOS ALBERTO TUPIA CORDOVA Especialista Mecánica de Suelos		Aprobado por Nombre / Función:  Firma:  CONSORCIO SADE - COSAPI ING. RAUL CABANILLAS OLIVA CIP N° 44808 JEFE RESPONSABLE DE OBRA	

		Proyecto: "AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES - SAN MARTÍN, REGIÓN PIURA" - código SNIP N° 270163		 				
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (NORMA MTC-115, ASTM D-1557, AASHTO T-180)								
Código Formato: FC - LAB - 04		Revisión: C	Fecha: 01-11-2017	CR: 3052	N° Registro:			
Cliente: Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento - Programa Nacional de Saneamiento Urbano		Muestras: M-01		Página 1 de 1				
Estructura: Capa de transferencia		Procedencia: Cantería Ramirez						
Utilización: PTAR		Fecha ensayo: 13/11/2017						
Documentos de referencia: NORMA MTC-115, ASTM D-1557, AASHTO T-180, RNE E-050 Sueltos y Cementaciones		Técnico Laboratorio: Brayan Guzmán Chinguel						
1. DATOS PRELIMINARES:								
Item	Descripción	Unidad	Dato	Observación				
1	Molde de compactación	-	M - 1					
2	Peso molde	g	5860					
3	Volumen del molde	cm³	2105					
4	Método	-	C					
2. EQUIPOS UTILIZADOS:								
Descripción		Código	Observaciones					
Balanza		LB - 912						
Pison		P - 2						
3. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD:								
Item	Descripción	Unidad	Puntos de control					
5	% de agua agregada	%	2%	4%	6%	8%		
6	N° de capas	-	5	5	5	5		
7	Golpes por capa N°	-	56	56	56	56		
8	Peso suelo + molde	gr	10544	10554	10724	10684		
9	Peso molde	gr	5860	5860	5860	5860		
10	Peso suelo húmedo compactado	gr	4684	4704	4864	4824		
11	Volumen del molde	cm³	2105	2105	2105	2105		
12	Densidad máxima húmeda	gr	2.225	2.277	2.311	2.292		
CONTENIDO DE HUMEDAD								
13	Recipiente N°		1	2	3	4		
14	Peso del suelo húmedo + tara	gr	412.00	365.00	317.00	405.00		
15	Peso del suelo seco + tara	gr	390.00	344.00	297.00	376.00		
16	Tara	gr	70.00	69.00	70.00	72.00		
17	Peso de agua	gr	22.00	21.00	20.00	29.00		
18	Peso del suelo seco	gr	320.00	275.00	227.00	304.00		
19	Contenido de agua	%	6.88	7.64	8.81	9.54		
20	Densidad máxima seca	gr/cm³	2.082	2.116	2.124	2.092		
						Densidad máxima (gr/cm³)	2.128	
						Humedad óptima (%)	6.4	
RELACION HUMEDAD-DENSIDAD								
								
4. OBSERVACIONES:								
Elaborado por Nombre / Función:  Ing. Brayan Guzmán Chinguel JEFE LABORATORIO DE SUELOS RINGE S.A.C. PIURA		Revisado por Nombre / Función:  CONSORCIO SADE - COSAPI CARLOS ALBERTO TUPIA CORDOVA Especialista Mecánica de Suelos		Aprobado por Nombre / Función:  CONSORCIO SADE - COSAPI ING. RAUL CABANILLAS OLIVA CIP N° 44808 JEFE RESIDENTE DE OBRA				
D: 13	M: 11	A: 17	D: 18	M: 11	A: 17	D: 18	M: 11	A: 17

ANEXO II: Plano de ubicación de los ensayos de determinación de densidades de campo



Fuente: Plan de trabajo de control de densidades – Proyecto PTAR San Martín.

ANEXO III: Matriz de consistencia

Título: “Análisis comparativo de la utilización del método de cono de arena y densímetro nuclear para determinar densidades de campo en suelos cohesivos para terraplenes procedente de la cantera Ramirez ubicada en el km 7+000 de la carretera Piura-Paita. Perú. 2019”.				
Nombre del tesista: Diana Gabriela Zeta Eche.				
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables/Indicadores	Metodología
General ¿Cuál de los métodos entre el cono de arena y el densímetro nuclear es el más confiable y factible para los controles de densidad en campo en terraplenes?	General Comparar la utilización del método de cono de arena y densímetro nuclear en la determinación de la densidad de campo. Específicos 1. Aplicar las normas NTP 339.143 (ASTM-1556) para el método de la arena y NTP 339.144 (ASTM D 2922) para el densímetro nuclear, para realizar los controles de calidad en campo en suelos cohesivos para terraplenes procedentes de la cantera Ramirez. 2. Analizar los resultados de los ensayos para determinar la variación entre ambos métodos. Establecer las características de ambos métodos para conocer cuál es más factible.	General El método del cono de arena es el método más confiable y factible para realizar controles de densidad de campo en terraplenes; sin embargo, el densímetro nuclear ofrece más rapidez.	Unidad de análisis: Variable independiente: Métodos de determinación de densidad de campo (cono de arena y densímetro nuclear). Variable dependiente: Grado de compactación, tiempo y costo de ejecución.	Enfoque: Cuantitativo Diseño: Experimental Nivel: Aprehensiva Tipo: Aplicada Métodos: Experimental Población: Suelos cohesivos para conformación de terraplenes Muestra: Terraplenes conformados con material de préstamo procedente de la cantera Ramírez ubicada en el km 7+000 de la carretera Piura-Paita.

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO IV: Ábaco de densidades del densímetro nuclear equivalentes al método del cono de arena

**Ábaco de densidades del densímetro nuclear equivalentes al método del cono
de arena**


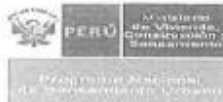
Densímetro Nuclear	% Compactación
90.00%	91.70%
90.20%	91.85%
90.40%	92.00%
90.60%	92.16%
90.80%	92.31%
91.00%	92.46%
91.20%	92.61%
91.40%	92.77%
91.60%	92.92%
91.80%	93.07%
92.00%	93.22%
92.20%	93.38%
92.40%	93.53%
92.60%	93.68%
92.80%	93.83%
93.00%	93.99%
93.20%	94.14%
93.40%	94.29%
93.60%	94.44%
93.80%	94.60%
94.00%	94.75%
94.20%	94.90%
94.40%	95.05%
94.60%	95.21%
94.80%	95.36%
95.00%	95.51%
95.20%	95.66%
95.40%	95.82%
95.60%	95.97%
95.80%	96.12%
96.00%	96.27%
96.20%	96.43%
96.40%	96.58%
96.60%	96.73%



Densímetro Nuclear	% Compactación
96.80%	96.88%
97.00%	97.04%
97.20%	97.19%
97.40%	97.34%
97.60%	97.49%
97.80%	97.65%
98.00%	97.80%
98.20%	97.95%
98.40%	98.10%
98.60%	98.26%
98.80%	98.41%
99.00%	98.56%
99.20%	98.71%
99.40%	98.87%
99.60%	99.02%
99.80%	99.17%
100.00%	99.32%
100.20%	99.48%
100.40%	99.63%
100.60%	99.78%
100.80%	99.93%
101.00%	100.09%
101.20%	100.24%
101.40%	100.39%
101.60%	100.54%
101.80%	100.70%
102.00%	100.85%
102.20%	101.00%
102.40%	101.15%
102.60%	101.31%
102.80%	101.46%
103.00%	101.61%
103.20%	101.76%
103.40%	101.92%




Densímetro Nuclear	% Compactación
103.60%	102.07%
103.80%	102.22%
104.00%	102.37%
104.20%	102.53%
104.40%	102.68%
104.60%	102.83%
104.80%	102.98%
105.00%	103.14%
105.20%	103.29%
105.40%	103.44%
105.60%	103.59%
105.80%	103.75%
106.00%	103.90%
106.20%	104.05%
106.40%	104.20%
106.60%	104.36%
106.80%	104.51%
107.00%	104.66%
107.20%	104.81%
107.40%	104.97%
107.60%	105.12%
107.80%	105.27%
108.00%	105.42%
108.20%	105.58%
108.40%	105.73%
108.60%	105.88%
108.80%	106.03%
109.00%	106.19%
109.20%	106.34%
109.40%	106.49%
109.60%	106.64%
109.80%	106.80%
110.00%	106.95%



Fuente: Informe de especialista de suelos – Proyecto PTAR San Martín.

ANEXO V: Ensayos de densidad de campo con cono de arena y densímetro nuclear.

		Proyecto: AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES - SAN MARTÍN, REGIÓN PIURA - Código SNI# N° 270163					
PROTOCOLO DE DENSIDAD DE CAMPO - METODO CONO DE ARENA (NORMA ASTM D1556, MYC E117)							
Código Formato: PC-MVT-03-F2	Revisión: 1	Fecha: 09-03-2018	CR: 3052	N° Registro: 479	Página 1 de 1		
Cliente: Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento - Programa Nacional de Saneamiento Urbano				Fecha de ensayo: 21/04/2018			
Instrutor: CONFORMACIÓN DE TERRAPLEN				Técnico Campo: Thomson Rentería			
Ubicación: PIURA - FACULTAD VA 3				Turno: TARDE			
Documentos de referencia: (Norma ASTM D1556, MYC E117, RNE E-020 Susos y Cementaciones)							
1.- DATOS PRELIMINARES							
Item	Descripción	Und	Dato		Observación		
1	Densidad de la arena calibrada	g/cm ³	1.445				
2	Peso arena calibrada en el cono	g	1342				
3	Peso específico de la grava	g/cm ³	2.65				
4	Óptimo contenido de humedad	%	8.45				
5	Máxima densidad seca en laboratorio	g/cm ³	2.087				
	Grado compactación requerido	%	95				
2.- EQUIPOS DE MEDICIÓN							
Equipo	Cono de arena	Equipo Speedy	Balanza	Tamiz 3/4"			
Código / N°	CA - 5	MU - 553	16 - 09				
Observación							
3.- PUNTOS DE CONTROL							
Nombre	P1	P2	P3	P4	P5		
Tipo suelo							
Norte	9424298.492						
Este	535526.490						
Cota							
N° Capa	5						
Espeor capa	30 cm						
4.- DENSIDAD DE HUMEDAD							
Item	DESCRIPCIÓN	UND	P1	P2	P3	P4	P5
6	Progresiva / Punto de control	km / Punto					
7	Peso de frasco + arena	g	8340				
8	Peso de frasco + arena remanente	g	2033				
9	Peso de arena: cono + hueco (7)-(8)	g	6307				
10	Peso de arena en el hueco (9)-(2)	g	4565				
11	Volumen del hueco (10)(1)	cm ³	3459				
12	Peso del recipiente + suelo + grava	g	6353				
13	Peso del recipiente	g	0				
14	Peso retenido en la malla #3/4"	g	0				
15	Volumen de la grava (14)(3)	cm ³	0				
16	Peso del suelo sin grava (12)-(13)-(14)	g	6353				
17	Volumen de suelo sin grava (11)-(15)	cm ³	3459				
18	Densidad Húmeda (16)(17)	g/cm ³	2.139				
5.- CONTENIDO DE HUMEDAD CON HORNO O SPEEDY							
Item	DESCRIPCIÓN	UND	P1	P2	P3	P4	P5
19	Peso de cápsula	g					
20	Peso de cápsula + suelo húmedo	g					
21	Peso de cápsula + suelo seco	g					
22	Peso de agua (20) - (21)	g					
23	Peso de suelo seco (21)-(19)	g					
24	Contenido de humedad (22)*(100)/(23)	%	8.34				
6.- RESULTADOS							
Item	DESCRIPCIÓN	UND	P1	P2	P3	P4	P5
25	Densidad seca campo (18)(1+24)/100	g/cm ³	1.935				
26	Compactación de campo (25)*(100)/(5)	%	94.63				
RESULTADO:			95				
7.- COMENTARIOS Y/O OBSERVACIONES							
ACRUTA & TAPIA INGENIEROS SAC Ing. Rubén Siles Páez Ing. Rubén Siles Páez Ing. Rubén Siles Páez							
CONSORCIO SADE - COSAPI CARLOS ALBERTO LUPIA CORDOVA Especialista Mecánica de Suelos							
CONSORCIO SADE - COSAPI Ing. Raúl Cabanillas Oliva CIP N° 44800 JEFE RESIDENTE DE OBRA							
8.- APROBACIONES							
Elaborado por		Revisado por		Aprobado por			
Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:		
Thomson Rentería Araya	2	CONSORCIO SADE - COSAPI	02	Kevin Costalago	02		
Firma:	M:	Firma:	M:	Firma:	M:		
	04	William Alvarado Carmona	04		04		
	18	ING. ESPECIALIDAD	18		18		

		Proyecto: AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES - SAN MARTÍN, REGIÓN PIURA - código SNIP N° 270163					
PROTOCOLO DE DENSIDAD DE CAMPO - METODO CONO DE ARENA (NORMA ASTM D1556, MTC E117)							
Código Formulario: PC-MVT-03-F2	Revisión: 1	Fecha: 09-03-2018	CR: 3052	N° Registro: 482	Página 1 de 1		
Cliente:	Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento - Programa Nacional de Saneamiento Urbano			Fecha de ensayo:	02-Abril-2018		
Estructura:	CONFIRMACIÓN DE TERAPIAS			Técnico Campo:	Arnaldo Pacheco		
Ubicación:	PROG. - FACULTATIVA 3			Turno:	Tarde		
Documentos de referencia: (Norma ASTM D1556, MTC E117, RNE E-050 Suelos y Cimentaciones)							
1.- DATOS PRELIMINARES							
Item	Descripción	Und	Dato	Observación			
1	Densidad de la arena calibrada	g/cm ³	1.445				
2	Peso arena calibrada en el cono	g	1553				
3	Peso específico de la grava	g/cm ³					
4	Óptimo contenido de humedad	%	8.9%				
5	Máxima densidad seca en laboratorio	g/cm ³	2.083				
	Grado compactación requerido	%					
2.- EQUIPOS DE MEDICIÓN							
Equipo	Cono de arena	Equipo Speedy	Balanza	Tamiz 3/4"			
Código / N°	CA-3	1223	LB-6				
Observación							
3.- PUNTOS DE CONTROL							
Nombre	P1	P2	P3	P4	P5		
Tipo suelo							
Norte	9424269.554	9424242.347					
Este	535845.585	535863.753					
Cota							
N° Capa	5	5					
Espesor capa	30cm	20cm					
4.- DENSIDAD DE HUMEDAD							
Item	DESCRIPCIÓN	UND	P1	P2	P3	P4	P5
6	Progresiva / Punto de control	km / Punto					
7	Peso de frasco + arena	g	8973	8978			
8	Peso de frasco + arena remanente	g	2458	3227			
9	Peso de arena: cono + hueco (7)-(8)	g	6515	5751			
10	Peso de arena en el hueco (9)-(2)	g	4958	4194			
11	Volumen del hueco (10)/(1)	cm ³	3431	2902			
12	Peso del recipiente + suelo + grava	g	7280	6406			
13	Peso del recipiente	g					
14	Peso retenido en la malla #3/4"	g					
15	Volumen de la grava (14)/(3)	cm ³					
16	Peso del suelo sin grava (12)-(13)-(14)	g	7280	6406			
17	Volumen de suelo sin grava (11)-(15)	cm ³	3431	2902			
18	Densidad Húmeda (16)/(17)	g/cm ³	2.122	2.207			
5.- CONTENIDO DE HUMEDAD CON HORNO O SPEEDY							
Item	DESCRIPCIÓN	UND	P1	P2	P3	P4	P5
19	Peso de cápsula	g					
20	Peso de cápsula + suelo húmedo	g					
21	Peso de cápsula + suelo seco	g					
22	Peso de agua (20)-(21)	g					
23	Peso de suelo seco (21)-(19)	g					
24	Contenido de humedad (22)/(20)(23)	%	5.4%	7.6%			
6.- RESULTADOS							
Item	DESCRIPCIÓN	UND	P1	P2	P3	P4	P5
25	Densidad seca campo (18)/((1)-(24)/100)	g/cm ³	2.013	2.051			
26	Compactación de campo	%	96.46	98.30			
RESULTADO:			96%	98%			
7.- COMENTARIOS Y/O OBSERVACIONES							
ACRUTA & TAPIA INGENIEROS SAC. Ing. Rubén Salazar Padilla S.P. EN MECÁNICA DE SUELOS							
CONSORCIO SADE - COSAPI CARLOS ALBERTO TUPIA CORDOVA Especialista Mecánica de Suelos							
CONSORCIO SADE-COSAPI Ing. Raul Cabanillas Oliva CIP N° 44808 JEFE RESIDENTE DE OBRA							
APROBACIONES							
Elaborado por:		Revisado por:		Aprobado por:			
Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:		
Arnaldo Pacheco	02	CONSORCIO SADE - COSAPI	02	Raul Cabanillas S.	02		
Firma:	M:	Firma:	M:	Firma:	M:		
	04	William Alvaria Cañamen	04		04		
	A:	ING. DE CALIDAD	A:		A:		
	18		18		18		

		Proyecto: AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES - SAN MARTÍN, REGIÓN PIURA - código SNIP N° 270163		 			
PROTOCOLO DE DENSIDAD DE CAMPO - METODO CONO DE ARENA (NORMA ASTM D1556, MTC E117)							
Código Formato: PC-MVT-03-F2	Revisión: 1	Fecha: 09-03-2018	CR: 3032	N° Registro: 489	Página 1 de 1		
Cliente: Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento - Programa Nacional de Saneamiento Urbano		Fecha de ensayo: 21.04.2018					
Estructura: CONFIRMACIÓN DE TERRAPLEN		Técnico Campo: Jhonatan RERE					
Ubicación: PTAP FACULTATIVA 1		Turno: TARDE					
Documentos de referencia: (Norma ASTM D1556, MTC E117, RNF F-050 Suelos y Cimentaciones)							
1.- DATOS PRELIMINARES							
Item	Descripción	Und	Dato	Observación			
1	Densidad de la arena calibrada	g/cm3	1.445				
2	Peso arena calibrada en el cono	g	1342				
3	Peso específico de la grava	g/cm3	2.65				
4	Optimo contenido de humedad	%	8.95				
5	Máxima densidad seca en laboratorio	g/cm3	2.083				
	Grado compactación requerido	%	95.1				
2.- EQUIPOS DE MEDICIÓN							
Equipo	Cono de arena	Equipo Speedy	Balanza	Tamiz 3/4"			
Código / N°	CA - 3	MH - 333	16 - 09				
Observación							
3.- PUNTOS DE CONTROL							
Nombre	P1	P2	P3	P4	P5		
Tipo suelo							
Norte	9424458.404						
Este	535949.444						
Cota							
N° Capa	4						
Espesor capa	30 cm						
4.- DENSIDAD DE HUMEDAD							
Item	DESCRIPCIÓN	UND	P1	P2	P3	P4	P5
6	Progresiva / Punto de control	km / Punto					
7	Peso de frasco + arena	g	8292				
8	Peso de frasco + arena remanente	g	2435				
9	Peso de arena: cono + hueco (7)-(8)	g	5857				
10	Peso de arena en el hueco (9)-(2)	g	4115				
11	Volumen del hueco (10)/(1)	cm3	2848				
12	Peso del recipiente + suelo + grava	g	6434				
13	Peso del recipiente	g					
14	Peso retenido en la malla #30"	g					
15	Volumen de la grava (14)/(3)	cm3					
16	Peso del suelo sin grava (12)-(13)-(14)	g	6434				
17	Volumen de suelo sin grava (11)-(15)	cm3	2848				
18	Densidad Húmeda (16)/(17)	g/cm3	2.233				
5.- CONTENIDO DE HUMEDAD CON HORNO O SPEEDY							
Item	DESCRIPCIÓN	UND	P1	P2	P3	P4	P5
19	Peso de cápsula	g					
20	Peso de cápsula + suelo húmedo	g					
21	Peso de cápsula + suelo seco	g					
22	Peso de agua (20) - (21)	g					
23	Peso de suelo seco (21)-(19)	g					
24	Contenido de humedad (22)*100/(23)	%	9.9.1				
6.- RESULTADOS							
Item	DESCRIPCIÓN	UND	P1	P2	P3	P4	P5
25	Densidad seca campo (18)/(1+(24)/100)	g/cm3	2.068				
26	Compactación de campo (25)*100/(5)	%	99.11				
RESULTADO:			99				
OK							
7.- COMENTARIOS Y/O OBSERVACIONES							
ACRUTAS TAPATIGENDROS SAC. CONSORCIO SADE - COSAPI CONSORCIO SADE - COSAPI Ing. Roberto Sandoval Padilla Ing. RAUL CABANILLAS OLIVA CIP EN MECANICA DE SUELOS CARLOS ALBERTO TUPA CORDOVA Especialista Mecánica de Suelos							
8.- APROBACIONES							
Elaborado por		Revisado por		Aprobado por			
Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:		
Jhonatan RERE Amaya	2	CONSORCIO SADE - COSAPI	02	José Torres Romani	02		
Firma:	M:	Firma:	M:	Firma:	M:		
LAH	04	William Anna Camer	04		04		
	A:	ING DE CALIDAD	A:		A:		
	18		18		18		

		Proyecto: AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES - SAN MARTÍN, REGIÓN PIURA - Código SNIP N° 270163					
PROTOCOLO DE DENSIDAD DE CAMPO - METODO CONO DE ARENA (NORMA ASTM D1556, MTC E117)							
Código Formato: PC-MVT-03-F2	Revisión: 1	Fecha: 09-03-2018	CR: 3052	N° Registro: 480	Página 1 de 1		
Cliente: Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento - Programa Nacional de Saneamiento Urbano			Fecha de ensayo: 02-04-2018				
Ubicación: CONFORMACIÓN DE TERRAPLEN Piur - FACULTATIVA 1			Técnico Campo: ANSELMO PEREZ MORA Turno: TARDE				
Documentos de referencia: (Norma ASTM D1556, MTC E117, RNE E-050 Suelos y Cimentaciones)							
1.- DATOS PRELIMINARES							
Item	Descripción	Und	Dato	Observación			
1	Densidad de la arena calibrada	g/cm ³	1.443				
2	Peso arena calibrada en el cono	g	1552				
3	Peso específico de la grava	g/cm ³					
4	Óptimo contenido de humedad	%	8.9%				
5	Máxima densidad seca en laboratorio	g/cm ³	2.052				
	Grado compactación requerido	%					
2.- EQUIPOS DE MEDICIÓN							
Equipo	Cono de arena	Equipo Speedy	Balanza	Tamaño 3/4"			
Código / N°	CA-3	1223	LO-6				
Observación							
3.- PUNTOS DE CONTROL							
Nombre	P1	P2	P3	P4	P5		
Tipo suelo							
Norte	9424475.522						
Este	535935.621						
Cota							
N° Capa	4						
Espesor capa	30cm						
4.- DENSIDAD DE HUMEDAD							
Item	DESCRIPCIÓN	UND	P1	P2	P3	P4	P5
6	Progresiva / Punto de control	km / Punto					
7	Peso de frasco + arena	g	8975				
8	Peso de frasco + arena remanente	g	8156				
9	Peso de arena: cono + hueco (7)-(8)	g	5819				
10	Peso de arena en el hueco (9)-(2)	g	4262				
11	Volumen del hueco (10)/(1)	cm ³	2949				
12	Peso del recipiente + suelo + grava	g	6683				
13	Peso del recipiente	g					
14	Peso retenido en la malla #3/4"	g					
15	Volumen de la grava (14)/(3)	cm ³					
16	Peso del suelo sin grava (12)-(13)-(14)	g	6683				
17	Volumen de suelo sin grava (11)-(15)	cm ³	2949				
18	Densidad Húmeda (16)/(17)	g/cm ³	2.266				
5.- CONTENIDO DE HUMEDAD CON HORNO O SPEEDY							
Item	DESCRIPCIÓN	UND	P1	P2	P3	P4	P5
19	Peso de cápsula	g					
20	Peso de cápsula + suelo húmedo	g					
21	Peso de cápsula + suelo seco	g					
22	Peso de agua (20) - (21)	g					
23	Peso de suelo seco (21)-(19)	g					
24	Contenido de humedad (22)/(23)	%	10.4%				
6.- RESULTADOS							
Item	DESCRIPCIÓN	UND	P1	P2	P3	P4	P5
25	Densidad seca campo (18)/(1+(24)/100)	g/cm ³	2.052				
26	Compactación de campo (25)/(100)(5)	%	98.34				
RESULTADO:			98%				
7.- COMENTARIOS Y/O OBSERVACIONES							
CONSORCIO SADE - COSAPI CARLOS ALBERTO TUPIA CORDOVA Especialista en Mecánica de Suelos				CONSORCIO SADE - COSAPI ING. RAUL CABANILLAS OLIVA CIV. N° 44808 JEFE RESPONSABLE DE OBRA			
8.- APROBACIONES							
Elaborado por Nombre / Función: Analdo Pacheco Firma: <i>[Firma]</i> D: 02 M: 01 A: 18		Revisado por Nombre / Función: WILLIAM ALONSO CARMEN Firma: <i>[Firma]</i> D: 02 M: 04 A: 18		Aprobado por Nombre / Función: Jose Torres Peraza Firma: <i>[Firma]</i> D: 02 M: 04 A: 18			

		Proyecto: "AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES - SAN MARTÍN, REGIÓN PIURA" - código SNP N° 270163			
PROTOCOLO DE DENSIDAD DE CAMPO - METODO CONO DE ARENA (NORMA ASTM D1556, MTC E117)					
Código Formato: PC-MVT-03-F2	Revisión 1	Fecha: 09-03-2018	CR: 3052	N° Registro: 483	Página 1 de 1
Cliente: Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento - Programa Nacional de Saneamiento Urbano		Fecha de ensayo: 03/04/18			
Ubicación: Proyecto de saneamiento de la zona de Fombalobu 01		Técnico Campo: Hugo J. Pizarro			
Documentos de referencia: (Norma ASTM D1556, MTC E117, RNE E-050 Suelos y Cimentaciones)		Turno: 01 Hora			

1.- DATOS PRELIMINARES

Item	Descripción	Und	Dato	Observación
1	Densidad de la arena calibrada	g/cm3	1.445	
2	Peso arena calibrada en el cono	g	1869	
3	Peso específico de la grava	g/cm3	2.65	
4	Óptimo contenido de humedad	%	8.9	
5	Máxima densidad seca en laboratorio	g/cm3	2.083	
	Grado compactación requerido	%		

2.- EQUIPOS DE MEDICIÓN

Equipo	Cono de arena	Equipo Speedy	Balanza	Tamiz 24"
Código / N°	CA-01	1227	16-07	
Observación				

3.- PUNTOS DE CONTROL

Nombre	P1	P2	P3	P4	P5
Tipo suelo					
Norte	9424381-282	9424332-068	9424244-989		
Este	536217-007	536142-043	536089-200		
Cota					
N° Capa	7	7	7		
Espesor capa	30cm	30cm	30cm		

4.- DENSIDAD DE HUMEDAD

Item	DESCRIPCIÓN	UND	P1	P2	P3	P4	P5
6	Progresiva / Punto de control	km / Punto					
7	Peso de frasco + arena	g	8144	8170	8133		
8	Peso de frasco + arena remanente	g	1187	1180	1130		
9	Peso de arena cono + hueco (7)-(8)	g	6361	6160	6303		
10	Peso de arena en el hueco (9)-(2)	g	4497	4286	4437		
11	Volumen del hueco (10)/(1)	cm3	3112	2873-01	3072		
12	Peso del recipiente + suelo + grava	g	6806	6520	6695		
13	Peso del recipiente	g					
14	Peso retenido en la malla #3/4"	g					
15	Volumen de la grava (14)/(3)	cm3					
16	Peso del suelo sin grava (12)-(13)-(14)	g	6806	6520	6695		
17	Volumen de suelo sin grava (11)-(15)	cm3	3112	2873-01	3072		
18	Densidad Húmeda (16)/(17)	g/cm3	2.182	2.196	2.179		

5.- CONTENIDO DE HUMEDAD CON HORNO O SPEEDY

Item	DESCRIPCIÓN	UND	P1	P2	P3	P4	P5
19	Peso de cápsula	g					
20	Peso de cápsula + suelo húmedo	g					
21	Peso de cápsula + suelo seco	g					
22	Peso de agua (20) - (21)	g					
23	Peso de suelo seco (21)-(19)	g					
24	Contenido de humedad (22)/(23)*100(23)	%	9	9.4	8.7		

6.- RESULTADOS

Item	DESCRIPCIÓN	UND	P1	P2	P3	P4	P5
25	Densidad seca campo (15)/(1+(24)/100)	g/cm3	2.01	1.989	2.005		
26	Compactación de campo (25)/(100(15))	%	96.1	95.7	96.1		

RESULTADO:

7.- COMENTARIOS Y/O OBSERVACIONES

ACRUZA & TAPIA INGENIEROS SAC.

CONSORCIO SADE - COSAPI

CONSORCIO SADE - COSAPI




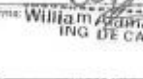

8.- APROBACIONES



Elaborado por		Revisado por		Aprobado por	
Nombre / Función:	D: 03	Nombre / Función:	D: 03	Nombre / Función:	D: 03
M: 04	M: 04	M: 04	M: 04	M: 04	M: 04
A: 18	A: 18	A: 18	A: 18	A: 18	A: 18



CONSORCIO SADE - COSAPI

CONSORCIO SADE - COSAPI



CONSORCIO SADE - COSAPI




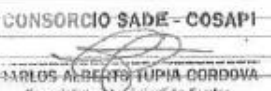

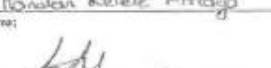

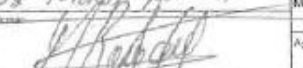
		Proyecto: AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES - SAN MARTÍN, REGIÓN PIURA, código SNIP N° 230163					
PROTOCOLO DE DENSIDAD DE CAMPO - METODO CONO DE ARENA (NORMA ASTM D1556, MTC E117)							
Código Formato: PC-MVT-03-F2	Revisión 1	Fecha: 08-03-2018	CR: 3052	N° Registro: 486	Página 1 de 1		
Cliente: Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento - Programa Nacional de Saneamiento Urbano			Fecha de ensayo: 03-04-18				
Estructura: CONFORMACIÓN DE TERROPIEN			Técnico Campo: Franklin Jiménez				
Ubicación: PTOR FACULTATIVA - 1			Turno: MAÑANA				
Documentos de referencia: (Norma ASTM D1556, MTC E117, RNE E-050 Suelos y Cimentaciones)							
1.- DATOS PRELIMINARES							
Item	Descripción	Und	Dato	Observación			
1	Densidad de la arena calibrada	g/cm ³	1.443				
2	Peso arena calibrada en el cono	g	1468				
3	Peso específico de la grava	g/cm ³					
4	Óptimo contenido de humedad	%	8.9				
5	Máxima densidad seca en laboratorio	g/cm ³	2.087				
	Grado compactación requerido	%					
2.- EQUIPOS DE MEDICIÓN							
Equipo	Cono de arena	Equipo Speedy	Balanza	Tamiz 3/4"			
Código / N°	CA-4	MH-553	10.8				
Observación							
3.- PUNTOS DE CONTROL							
Nombre	P1	P2	P3	P4	P5		
Tipo suelo							
Norte	9424364.675	9424349.284	9424314.060				
Este	536193.411	536166.653	536117.446				
Cota							
N° Caps	7	7	7				
Espesor capa	30cm.	30cm.	30cm.				
4.- DENSIDAD DE HUMEDAD							
Item	DESCRIPCIÓN	UND	P1	P2	P3	P4	P5
6	Progresiva / Punto de control	km / Punto					
7	Peso de frasco + arena	g	8954	8992	8993		
8	Peso de frasco + arena remanente	g	3186	3167	3119		
9	Peso de arena: cono + hueco (7)-(8)	g	5768	5825	5874		
10	Peso de arena en el hueco (8)-(2)	g	4300	4357	4406		
11	Volumen del hueco (10)/(1)	cm ³	2976	3015	3049		
12	Peso del recipiente + suelo + grava	g	6397	6482	6629		
13	Peso del recipiente	g	-	-	-		
14	Peso retenido en la malla #3/4"	g	-	-	-		
15	Volumen de la grava (14)/(3)	cm ³	-	-	-		
16	Peso del suelo sin grava (12)-(13)-(14)	g	6097	6482	6629		
17	Volumen de suelo sin grava (11)-(15)	cm ³	2976	3015	3049		
18	Densidad Húmeda (18)/(17)	g/cm ³	2.150	2.150	2.174		
5.- CONTENIDO DE HUMEDAD CON HORNO O SPEEDY							
Item	DESCRIPCIÓN	UND	P1	P2	P3	P4	P5
19	Peso de cápsula	g					
20	Peso de cápsula + suelo húmedo	g					
21	Peso de cápsula + suelo seco	g					
22	Peso de agua (20)-(21)	g					
23	Peso de suelo seco (21)-(19)	g					
24	Contenido de humedad (22)*100/(23)	%	8	8.2	7.6		
6.- RESULTADOS							
Item	DESCRIPCIÓN	UND	P1	P2	P3	P4	P5
25	Densidad seca campo (18)/(1+(24)/100)	g/cm ³	1.990	1.987	2.021		
26	Compactación de campo (25)*100/(5)	%	95.4	95.2	96.8		
RESULTADO: 95							
7.- COMENTARIOS Y/O OBSERVACIONES							
ACRUTA & TAPIA INGENIEROS S.A.C.							
Ing. Raul Cabanillas Ollva							
CARLOS ALBERTO TUPIA CORDOVA							
JEFE RESIDENTE DE OBRA							
APROBACIONES							
Elaborado por Nombre / Función: Franklin Jiménez Firma: 		Revisado por Nombre / Función: William María Carmen Firma: 		Aprobado por Nombre / Función: Jose Luis Ramos Firma: 			



		Proyecto: "AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES - SAN MARTÍN, REGIÓN PIURA" - código SNIP N° 270103					
PROTOCOLO DE DENSIDAD DE CAMPO - METODO CONO DE ARENA (NORMA ASTM D1556, MTC E117)							
Código Formato: PC-MVT-03-F2	Revisión 1	Fecha: 08-03-2015	CR: 3052	N° Registro: 488	Página 1 de 1		
Cliente: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento - Programa Nacional de Saneamiento Urbano			Fecha de ensayo: 03-04-2018				
Ubicación: Confirmación de Terraplén Pta - Facultativa 3			Técnico Campo: Arnaldo Pachere				
Documento de referencia: (Norma ASTM D1556, MTC E117, RNE 6-050 Sucesos y Cimentaciones)			Turno: Tarde				
1.- DATOS PRELIMINARES							
Item	Descripción	Und	Dato	Observación			
1	Densidad de la arena calibrada	g/cm ³	1.445				
2	Peso arena calibrada en el cono	g	1553				
3	Peso específico de la grava	g/cm ³					
4	Óptimo contenido de humedad	%	8.9%				
5	Máxima densidad seca en laboratorio	g/cm ³	2.087				
Grado compactación requerido		%					
2.- EQUIPOS DE MEDICIÓN							
Equipo	Cono de arena	Equipo Speedy	Balanza	Tamiz 3/4"			
Código / N°	CA-3	1223	LB-6				
Observación							
3.- PUNTOS DE CONTROL							
Nombre	P1	P2	P3	P4	P5		
Tipo suelo							
Norte	9424298.432	9424242.249					
Este	535826.490	535863.983					
Cota							
N° Capa	6	6					
Esesor capa	30cm	30cm					
4.- DENSIDAD DE HUMEDAD							
Item	DESCRIPCIÓN	UND	P1	P2	P3	P4	P5
6	Progresiva / Punto de control	km / Punto					
7	Peso de frasco + arena	g	8948	8964			
	Peso de frasco + arena remanente	g	3008	3239			
	Peso de arena: cono + hueco (7)-(8)	g	5940	5685			
10	Peso de arena en el hueco (9)-(2)	g	4383	4128			
11	Volumen del hueco (10)(9)	cm ³	3033	2856			
12	Peso del recipiente + suelo + grava	g	6655	6508			
13	Peso del recipiente	g					
14	Peso retenido en la malla #3/4"	g					
15	Volumen de la grava (14)(3)	cm ³					
16	Peso del suelo sin grava (12)-(13)-(14)	g	6655	6508			
17	Volumen de suelo sin grava (11)-(15)	cm ³	3033	2856			
18	Densidad Humeda (16)(17)	g/cm ³	2.194	2.278			
5.- CONTENIDO DE HUMEDAD CON HORNO O SPEEDY							
Item	DESCRIPCIÓN	UND	P1	P2	P3	P4	P5
19	Peso de cápsula	g					
20	Peso de cápsula + suelo húmedo	g					
21	Peso de cápsula + suelo seco	g					
22	Peso de agua (20)-(21)	g					
23	Peso de suelo seco (21)-(19)	g					
24	Contenido de humedad (22)*100/(23)	%	11.2%	9.8%			
6.- RESULTADOS							
Item	DESCRIPCIÓN	UND	P1	P2	P3	P4	P5
25	Densidad seca campo (16)(1)+(24)(100)	g/cm ³	1.973	2.025			
26	Compactación de campo (25)*100/(5)	%	94.5%	99.4%			
RESULTADO:			OK	OK			
7.- COMENTARIOS Y/O OBSERVACIONES							
ACRUTIA & TABIA INGENIEROS SAC.							
CONSORCIO SADE - COSAPI							
Ing. Raul Cabanillas Oliva CIP N° 44308 JEFE RESIDENTE DE OBRA							
Carlos Alberto Tupia Cordova							
8.- APROBACIONES							
Elaborado por Nombre / Función: Arnaldo Pachere Firma: <i>[Firma]</i> D: 03 M: 04 A: 2018		Especifica Mecánica de Suelos Nombre / Función: Firma: <i>[Firma]</i> D: 03 M: 04 A: 18		Aprobado por Nombre / Función: Kevin Pacheco Lugo S. Firma: <i>[Firma]</i> D: 03 M: 04 A: 18			



		Proyecto: "AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES - SAN MARTÍN, REGIÓN PIURA" - código SNP N° 270103					
PROTOCOLO DE DENSIDAD DE CAMPO - METODO CONO DE ARENA (NORMA ASTM D1556, MTC E117)							
Código Formato: PC-MVT-03-F2	Revisión: 1	Fecha: 09-03-2018	CR: 3052	N° Registro: 487	Página 1 de 1		
Institución: <u>Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento - Programa Nacional de Saneamiento Urbano</u>		Fecha de ensayo: <u>Jonathan Reiche</u>					
Lugar: <u>CONFORMACIÓN DE TERRAPLEN</u>		Técnico Campo: <u>03/04/2018</u>					
Ubicación: <u>PTAR FACULTADINA 3</u>		Turno: <u>TARDE</u>					
Documentos de referencia: (Norma ASTM D1556, MTC E117, RNE E-050 Suelos y Cimentaciones)							
1.- DATOS PRELIMINARES							
Item	Descripción	Und	Dato	Observación			
1	Densidad de la arena calibrada	g/cm ³	1.445				
2	Peso arena calibrada en el cono	g	1742				
3	Peso específico de la grava	g/cm ³	2.65				
4	Óptimo contenido de humedad	%	8.9				
5	Máxima densidad seca en laboratorio	g/cm ³	2.087				
Grado compactación requerido		%	95.1				
2.- EQUIPOS DE MEDICIÓN							
Equipo	Cono de arena	Equipo Speedy	Balanza	Tamiz 3/4"			
Código / N°	CA-3	MH-553	16-09				
Observación							
3.- PUNTOS DE CONTROL							
Nombre	P1	P2	P3	P4	P5		
Tipo suelo							
Norte	9424269.554						
Este	535843.585						
Cota							
N° Capa	6						
Espesor capa	30 cm						
4.- DENSIDAD DE HUMEDAD							
Item	DESCRIPCIÓN	UND	P1	P2	P3	P4	P5
8	Progresiva / Punto de control	km / Punto					
7	Peso de frasco + arena	g	8280				
	Peso de frasco + arena remanente	g	2289				
	Peso de arena: cono + hueco (7)-(8)	g	6001				
10	Peso de arena en el hueco (9)-(2)	g	4259				
11	Volumen del hueco (10)/(9)	cm ³	1947				
12	Peso del recipiente + suelo + grava	g	6443				
13	Peso del recipiente	g	-				
14	Peso referido en la malla #3/4"	g	-				
15	Volumen de la grava (14)/(3)	cm ³	-				
16	Peso del suelo sin grava (12)-(13)-(14)	g	6443				
17	Volumen de suelo sin grava (11)-(15)	cm ³	2947				
18	Densidad Húmeda (16)/(17)	g/cm ³	2.186				
5.- CONTENIDO DE HUMEDAD CON HORNO O SPEEDY							
Item	DESCRIPCIÓN	UND	P1	P2	P3	P4	P5
19	Peso de cápsula	g					
20	Peso de cápsula + suelo húmedo	g					
21	Peso de cápsula + suelo seco	g					
22	Peso de agua (20) - (21)	g					
23	Peso de suelo seco (21)-(19)	g					
24	Contenido de humedad (22)/(23)*100	%	9.1				
6.- RESULTADOS							
Item	DESCRIPCIÓN	UND	P1	P2	P3	P4	P5
25	Densidad seca campo (16)/(1+24)*100	g/cm ³	2.006				
26	Compactación de campo (25)*100/(5)	%	96.10				
RESULTADO:			96				
7.- COMENTARIOS Y/O OBSERVACIONES							
OK							
ACRUTA & TAPIA INGENIEROS SAC.		CONSORCIO SADE - COSAPI		CONSORCIO SADE - COSAPI			
Ing. Rubel Salazar Padilla ESP. EN MECÁNICA DE SUELOS		CARLOS ALBERTO TAPIA CORDOVA REPRESENTANTE TECNICO DE SUELOS		Ing. Raul Cabanillas Oliva CIP N° 44808 JEFE RESIDENTE DE OBRA			
8.- APROBACIONES							
Elaborado por		Revisado por		Aprobado por			
Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:		
Jonathan Reiche Araya	03	CONSORCIO SADE - COSAPI	03	Raul Cabanillas Oliva	03		
Firma:	M:	Firma:	M:	Firma:	M:		
HA	04	William Arce Camacho	04		04		
	A:		A:		A:		
	18		18		18		



		Proyecto: AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES - SAN MARTÍN, "REGIÓN PIURA" - código SNIP N° 270163					
PROTOCOLO DE DENSIDAD DE CAMPO - METODO CONO DE ARENA (NORMA ASTM D1556, MTC E117)							
Código Formulario: PC-MVT-03-F2	Revisión: 1	Fecha: 09-03-2018	CR: 3052	N° Registro: 489	Página 1 de 1		
Cliente: Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento - Programa Nacional de Saneamiento Urbano			Fecha de ensayo: 04-Abri-2018				
Actividad: Confirmación de Terraplen			Técnico Campo: Shovatan Rotato				
Ubicación: PIRAE - ICA			Turno: mañana				
Documentos de referencia: (Norma ASTM D1556, MTC E117, RNE E-050 Suelos y Climatización)							
1.- DATOS PRELIMINARES							
Item	Descripción	Unid	Dato	Observación			
1	Densidad de la arena calibrada	g/cm ³	1.445				
2	Peso arena calibrada en el cono	g	1742				
3	Peso específico de la grava	g/cm ³	2.65				
4	Óptimo contenido de humedad	%	8.4%				
5	Máxima densidad seca en laboratorio	g/cm ³	2.087				
Grado compactación requerido		%	95				
2.- EQUIPOS DE MEDICIÓN							
Equipo	Cono de arena	Equipo Speedy	Balanza	Tamiz #3/4"			
Código / N°	CA-5	MH-553	LO-09				
Observación							
3.- PUNTOS DE CONTROL							
Nombre	P1	P2	P3	P4	P5		
Tipo suelo							
Norte	9424219.744	9424465.964	9424428.417	9424031.386			
Este	535888.731	535922.703	535941.239	535980.439			
Cota							
N° Capa	6	6	6	6			
Espeor capa	30 cm	30 cm	30 cm	30 cm			
4.- DENSIDAD DE HUMEDAD							
Item	DESCRIPCIÓN	UNO	P1	P2	P3	P4	P5
6	Progresiva / Punto de control	km / Punto					
7	Peso de frasco + arena	g	8340	8402	8315	8325	
8	Peso de frasco + arena remanente	g	2250	2180	2260	2380	
9	Peso de arena: cono + hueco (7)-(8)	g	6060	6222	6055	5945	
10	Peso de arena en el hueco (9)-(7)	g	4318	4480	4313	4203	
11	Volumen del hueco (10)/(1)	cm ³	2988	3100	2985	2909	
12	Peso del recipiente + suelo + grava	g	6235	6800	6530	6425	
13	Peso del recipiente	g	-	-	-	-	
14	Peso retenido en la malla #3/4"	g	-	-	-	-	
15	Volumen de la grava (14)/(3)	cm ³	-	-	-	-	
16	Peso del suelo sin grava (12)-(13)-(14)	g	6235	6800	6530	6425	
17	Volumen de suelo sin grava (11)-(15)	cm ³	2988	3100	2984	2908	
18	Densidad Húmeda (16)/(17)	g/cm ³	2.100	2.193	2.188	2.209	
5.- CONTENIDO DE HUMEDAD CON HORNO O SPEEDY							
Item	DESCRIPCIÓN	UNO	P1	P2	P3	P4	P5
19	Peso de cápsula	g					
20	Peso de cápsula + suelo húmedo	g					
21	Peso de cápsula + suelo seco	g					
22	Peso de agua (20)-(21)	g					
23	Peso de suelo seco (21)-(19)	g					
24	Contenido de humedad (22)*(100)/(23)	%	8.4	7.6	8.7	7.8	
6.- RESULTADOS							
Item	DESCRIPCIÓN	UNO	P1	P2	P3	P4	P5
25	Densidad seca campo (18)/(1+(24)/100)	g/cm ³	1.944	2.038	2.026	2.049	
26	Compactación de campo (25)*(100)/(5)	%	93.46	94.64	97.06	98.18	
RESULTADO:			93	98	97	98	
7.- COMENTARIOS Y/O OBSERVACIONES							
Faltó compactación (p.e. 138-5) NO OK OK OK OK							
Ing. RUBEN SALAZAR Padilla JEFE RESIDENTE DE OBRA				Ing. Kaul Cabanillas Oliva JEFE RESIDENTE DE OBRA			
8.- APROBACION MECANICA DE SUELOS							
Elaborado por: Nombre / Función: Shovatan Rotato Firma: [Firma] D: 04 N: 04 A: 2018		Recibido por: Nombre / Función: CONSORCIO SADE - COSAPI William Arana Carmel ING. DE CALIDAD Firma: [Firma] D: 04 N: 04 A: 18		Aprobado por: Nombre / Función: JORGE RAMIRO [Firma] Firma: [Firma] D: 04 N: 04 A: 18			



		Proyecto: "AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES - SAN MARTÍN, REGIÓN PIURA" - código SNIP N° 270163					
PROTOCOLO DE DENSIDAD DE CAMPO - MÉTODO CONO DE ARENA (NORMA ASTM D1556, MTC E117)							
Código Formulario: PC-MVT-03-F2	Revisión: 1	Fecha: 09-03-2018	CIR: 3052	N° Registro: 490	Página 1 de 1		
Cliente: Municipio de Vivienda Construcción y Saneamiento - Programa Nacional de Saneamiento Urbano			Fecha de ensayo: 04-04-18				
Ubicación: Conformación de Terraplen Pter - facultativa 3			Técnico Campo: Arnaldo Pacheco				
Documentos de referencia: (Norma ASTM D1556, MTC E117, RNE-050 Soelos y Cimentaciones)			Turno: Tarde				
1.- DATOS PRELIMINARES							
Item	Descripción	Unit	Valor	Observación			
1	Densidad de la arena calibrada	g/cm ³	1.445				
2	Peso arena calibrada en el cono	g	1553				
3	Peso específico de la grava	g/cm ³	2.65				
4	Óptimo contenido de humedad	%	8.9%				
5	Máxima densidad seca en laboratorio	g/cm ³	2.087				
Grado compactación requerido		%	95%				
2.- EQUIPOS DE MEDICIÓN							
Equipo	Cono de arena	Equipo Spoddy	Balanza	Termin 30"			
Código / N°	CA-3	1223	LA-6				
Observación							
3.- PUNTOS DE CONTROL							
Nombre	P1	P2	P3	P4	P5		
Tipo suelo							
Norte	9424185.889	9424214.744	9424099.543				
Este	525702.289	525886.931	525760.370				
Cota							
N° Capa	6	6	6				
Espesor capa	30cm	30cm	30cm				
4.- DENSIDAD DE HUMEDAD							
Item	DESCRIPCIÓN	UND	P1	P2	P3	P4	P5
6	Progresiva / Punto de control	km / Punto					
7	Peso de frasco + arena	g	9098	9067	8962		
8	Peso de frasco + arena remanente	g	3196	3127	3045		
9	Peso de arena: cono + hueco (7)-(8)	g	5902	5940	5917		
10	Peso de arena en el hueco (9)-(2)	g	4345	4383	4360		
11	Volumen del hueco (10)/(1)	cm ³	3007	3033	3017		
12	Peso del recipiente + suelo + grava	g	6448	6805	6710		
13	Peso del recipiente	g	—	—	—		
14	Peso relleno en la malla #3/4"	g	—	—	—		
15	Volumen de la grava (14)/(3)	cm ³	—	—	—		
16	Peso del suelo sin grava (12)-(13)-(14)	g	6448	6805	6710		
17	Volumen de suelo sin grava (11)-(15)	cm ³	3007	3033	3017		
18	Densidad Húmeda (16)/(17)	g/cm ³	2.144	2.243	2.224		
5.- CONTENIDO DE HUMEDAD CON HORNO O SPEEDY							
Item	DESCRIPCIÓN	UND	P1	P2	P3	P4	P5
19	Peso de cápsula	g					
20	Peso de cápsula + suelo húmedo	g					
21	Peso de cápsula + suelo seco	g					
22	Peso de agua (20)-(21)	g					
23	Peso de suelo seco (21)-(19)	g					
24	Contenido de humedad (22)/(23)	%	8.6%	8.8%	8.6%		
6.- RESULTADOS							
Item	DESCRIPCIÓN	UND	P1	P2	P3	P4	P5
25	Densidad seca campo (16)/(1)-(24)/(100)	g/cm ³	1.975	2.062	2.048		
26	Compactación de campo (25)/(100)/(5)	%	94.61	98.80	98.12		
RESULTADO:			95%	99%	98%		
7.- COMENTARIOS Y/O OBSERVACIONES							
ACRUTA & LAZAR INGENIEROS S.A.C. Ing. Pablo Salazar Padilla ESP. EN MECÁNICA DE SUELOS		CONSORCIO SADE - COSAPI CARLOS ALBERTO TUPIA CORDOVA Especialista Mecánica de Suelos		CONSORCIO SADE - COSAPI Ing. Raul Cabanillas Ochoa CIP N° 44888 JEFE REQUINENTE DE OBRA			
8.- APROBACIONES							
Elaborado por: Nombre / Función: Arnaldo Pacheco Firma: <i>[Firma]</i> Fecha: 2018		Revisado por: Nombre / Función: CONSORCIO SADE - COSAPI Firma: <i>[Firma]</i> Fecha: 2018		Aprobado por: Nombre / Función: Jose Jorge Romari Firma: <i>[Firma]</i> Fecha: 2018			






		Proyecto: "AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES - SAN MARTÍN, REGIÓN PIURA" - código SNIP N° 270163					
PROTOCOLO DE DENSIDAD DE CAMPO - METODO CONO DE ARENA (NORMA ASTM D1556, MTC E117)							
Código Formato: PC-MVT-03-F2	Revisión: 1	Fecha: 09-03-2018	CR: 3052	N° Registro: 494	Página 1 de 1		
Cliente: Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento - Programa Nacional de Saneamiento Urbano			Fecha de ensayo: 04/04/2018				
Naturaleza: CONFIRMACIÓN DE TERRAPLEN			Técnico Campo: Jonathan Retete				
Ubicación: PIURA - FACULTAD 1			Turno: TARDE				
Documentación de referencia: (Norma ASTM D1556, MTC E117, RNE E-050 Suelos y Cimentaciones)							
1.- DATOS PRELIMINARES							
Item	Descripción	Und	Dato	Observación			
1	Densidad de la arena calibrada	g/cm3	1.445				
2	Peso arena calibrada en el cono	g	1342				
3	Peso específico de la grava	g/cm3	2.65				
4	Óptimo contenido de humedad	%	8.95				
5	Máxima densidad seca en laboratorio	g/cm3	2.083				
	Grado compactación requerido	%	95.6				
2.- EQUIPOS DE MEDICIÓN							
Equipo	Cono de arena	Equipo Speedy	Balanza	Tamiz 3/4"			
Código / N°	CA-3	MH-553	16-09				
Observación							
3.- PUNTOS DE CONTROL							
Nombre	P1	P2	P3	P4	P5		
Tipo suelo							
Norte	9424318.275						
Este	536423.203						
Cota							
N° Capa	8						
Espeor capa	30 cm						
4.- DENSIDAD DE HUMEDAD							
Item	DESCRIPCIÓN	UND	P1	P2	P3	P4	P5
6	Progresiva / Punto de control	km / Punto					
7	Peso de frasco + arena	g	8325				
8	Peso de frasco + arena remanente	g	2250				
9	Peso de arena; cono + hueco (7)-(8)	g	6075				
10	Peso de arena en el hueco (9)-(2)	g	4333				
11	Volumen del hueco (10)/(1)	cm3	2999				
12	Peso del recipiente + suelo + grava	g	6668				
13	Peso del recipiente	g	-				
14	Peso retenido en la malla #34"	g	-				
15	Volumen de la grava (14)/(3)	cm3	-				
16	Peso del suelo sin grava (12)-(13)-(14)	g	6668				
17	Volumen de suelo sin grava (11)-(15)	cm3	2998				
18	Densidad Humeda (16)/(17)	g/cm3	2.224				
5.- CONTENIDO DE HUMEDAD CON HORNO O SPEEDY							
Item	DESCRIPCIÓN	UND	P1	P2	P3	P4	P5
19	Peso de cápsula	g					
20	Peso de cápsula + suelo húmedo	g					
21	Peso de cápsula + suelo seco	g					
22	Peso de agua (20) - (21)	g					
23	Peso de suelo seco (21)-(19)	g					
24	Contenido de humedad (22)*100/(23)	%	8.31				
6.- RESULTADOS							
Item	DESCRIPCIÓN	UND	P1	P2	P3	P4	P5
25	Densidad seca campo (18)/(1+(24)/100)	g/cm3	2.053				
26	Compactación de campo (25)*100/(5)	%	98.38				
RESULTADO:			98				
7.- COMENTARIOS Y/O OBSERVACIONES							
OK							
ACRUTA & TAPIA INGENIEROS S.A.C.  Ing. Rabel Saldaña Padilla APROBACIONES TÉCNICA DE SUELOS		CONSORCIO SADE - COSAPI  Carlos Alberto Tupia Cordova Especialista Operación de Suelos		CONSORCIO SADE-COSAPI  Ing. Raul Cabanillas Oliva Jefe Residente de Obra			
Elaborado por: Nombre / Función: Jonathan Retete Arango Firma: 		Revisado por: Nombre / Función: WILSON ALONSO CAMEN Firma: 		Controlado por: Nombre / Función: José Ángel Lora Firma: 			
O: 04	M: 04	A: 18	O: 04	M: 04	A: 18	O: 04	M: 04



CONSORCIO SADE-COSAPI 		Proyecto: AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES - SAN MARTÍN, REGIÓN PIURA - código SNIP N° 270153					
PROTOCOLO DE DENSIDAD DE CAMPO - METODO CONO DE ARENA (NORMA ASTM D1556, MTC E117)							
Código Formulario: PC-MVT-03-F2		Revisión: 1	Fecha: 09-03-2018	CR: 3052	N° Registro: 493		
Entidad: Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento - Programa Nacional de Saneamiento Urbano			Fecha de ensayo: 04-04-18				
Ubicación: CONFORMACIÓN DE TERRENO PTOR FACULTATIVA L			Técnico Campo: Franklin Jimeno				
Documentos de referencia: (Norma ASTM D1556, MTC E117, RNE E-050 Suelos y Cimentaciones)			Turno: TARDE				
1.- DATOS PRELIMINARES							
Item	Descripción	Und	Dato	Observación			
1	Densidad de la arena calibrada	g/cm ³	1.488				
2	Peso arena calibrada en el cono	g	1868				
3	Peso específico de la grava	g/cm ³					
4	Óptimo contenido de humedad	%	8.9				
5	Máxima densidad seca en laboratorio	g/cm ³	2.087				
Grado compactación requerido		%					
2.- EQUIPOS DE MEDICIÓN							
Equipo	Cara de arena	Equipo Speedy	Balanza	Tamiz 30"			
Código / N°	0A-04	MH-553	18.8				
Observación							
3.- PUNTOS DE CONTROL							
Nombre	P1	P2	P3	P4	P5		
Tipo suelo							
Norte	9424.046.239						
Este	536164.459						
Cota							
N° Capa	8						
Espeor capa	30cm						
4.- DENSIDAD DE HUMEDAD FIR-46							
Item	DESCRIPCIÓN	UND	P1	P2	P3	P4	P5
6	Progresiva / Punto de control	km / Punto					
7	Peso de frasco + arena	g	9064				
	Peso de frasco + arena reemplazada	g	3149				
	Peso de arena: cono + husco (7)-(8)	g	5915				
10	Peso de arena en el husco (9)-(2)	g	4444				
11	Volumen del husco (10)/(9)	cm ³	3038				
12	Peso del recipiente + suelo + grava	g	6302				
13	Peso del recipiente	g	-				
14	Peso retenido en la malla #30"	g	-				
15	Volumen de la grava (14)/(3)	cm ³	-				
16	Peso del suelo sin grava (12)-(13)-(14)	g	6302				
17	Volumen de suelo sin grava (11)-(15)	cm ³	3038				
18	Densidad Húmeda (16)/(17)	g/cm ³	2.138				
5.- CONTENIDO DE HUMEDAD CON HORNO O SPEEDY							
Item	DESCRIPCIÓN	UND	P1	P2	P3	P4	P5
19	Peso de cápsula	g					
20	Peso de cápsula + suelo húmedo	g					
21	Peso de cápsula + suelo seco	g					
22	Peso de agua (20) - (21)	g					
23	Peso de suelo seco (21)-(19)	g					
24	Contenido de humedad (22)*100/(23)	%	7.8				
6.- RESULTADOS							
Item	DESCRIPCIÓN	UND	P1	P2	P3	P4	P5
25	Densidad seca campo (18)/(1)-(24)*100	g/cm ³	2.020				
26	Compactación de campo (25)*100/(5)	%	96.8				
RESULTADO:			97				
7.- COMENTARIOS Y/O OBSERVACIONES							
ACRUTIA & TABLA INGENIEROS SAC, Ing. Raul Cabanillas Padilla EXP. EN MECÁNICA DE SUELOS							
CONSORCIO SADE - COSAPI CARLOS ALBERTO TUPIA GORDOVA Especialista Mecánica de Suelos							
CONSORCIO SADE - COSAPI Ing. Raul Cabanillas Oliva CIP N° 44808 JEFE RESIDENTE DE OBRA							
8.- APROBACIONES							
Elaborado por: Nombre / Función: Franklin Jimeno T. Firma:		D: M: A:	Revisado / Función: Nombre / Función: Carlos Albe... Firma:		D: M: A:	Aprobado por: Nombre / Función: José Antonio Román Firma:	



		Proyecto: AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES - SAN MARTÍN, REGIÓN PIURA - Código SNIP N° 270103					
PROTOCOLO DE DENSIDAD DE CAMPO - METODO CONO DE ARENA (NORMA ASTM D1556, MTC E117)							
Código Formato: PC-MVT-03-F2		Revisión: 1		Fecha: 09-03-2018		CR: 3052	
N° Registro: 492		Página 1 de 1					
Cliente: Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento - Programa Nacional de Saneamiento Urbano				Fecha de ensayo: 04-04-2018			
Lugar: Conformación de Terraplén				Técnico Campo: Arnaldo Pacheco			
Ubicación: Pter - facultativa 1				Tarea: Tarea			
Documentos de referencia: (Norma ASTM D1556; MTC E117, RNE 5.050 Suclas y Cementaciones)							
1.- DATOS PRELIMINARES							
Item	Descripción	Unid	Dato	Observación			
1	Densidad de la arena calibrada	g/cm ³	1.445				
2	Peso arena calibrada en el cono	g	1552				
3	Peso específico de la grava	g/cm ³	2.65				
4	Óptimo contenido de humedad	%	8.9%				
5	Máxima densidad seca en laboratorio	g/cm ³	2.087				
	Grado compactación requerido	%	95%				
2.- EQUIPOS DE MEDICIÓN							
Equipo	Cono de arena	Equipo Speedy	Balanza	Tamiz 30"			
Código / N°	CA-3	1223	LB-6				
Observación							
3.- PUNTOS DE CONTROL							
Nombre	P1	P2	P3	P4	P5		
Tipo aselo							
Norte	9424323.172						
Este	596205.235						
Cota							
N° Capa	8						
Espesor capa	30cm						
4.- DENSIDAD DE HUMEDAD							
Item	DESCRIPCIÓN	UND	P1	P2	P3	P4	P5
6	Progresiva / Punto de control	km / Punto					
7	Peso de frasco + arena	g	9082				
8	Peso de frasco + arena remanente	g	3119				
9	Peso de arena: cono + hueco (7)-(8)	g	5963				
10	Peso de arena en el hueco (9)-(2)	g	4406				
11	Volumen del hueco (10)/(1)	cm ³	3049				
12	Peso del recipiente + suelo + grava	g	6789				
13	Peso del recipiente	g	—				
14	Peso retenido en la malla #30"	g	—				
15	Volumen de la grava (14)/(3)	cm ³	—				
16	Peso del suelo sin grava (12)-(13)-(14)	g	6789				
17	Volumen de suelo sin grava (11)-(15)	cm ³	3049				
18	Densidad Húmeda (16)/(17)	g/cm ³	2.227				
5.- CONTENIDO DE HUMEDAD CON HORNO O SPEEDY							
Item	DESCRIPCIÓN	UND	P1	P2	P3	P4	P5
19	Peso de cápsula	g					
20	Peso de cápsula + suelo húmedo	g					
21	Peso de cápsula + suelo seco	g					
22	Peso de agua (20) - (21)	g					
23	Peso de suelo seco (21)-(19)	g					
24	Contenido de humedad (22)*100/(23)	%	8.8%				
6.- RESULTADOS							
Item	DESCRIPCIÓN	UND	P1	P2	P3	P4	P5
25	Densidad seca campo (18)/(1-(24)/100)	g/cm ³	2.046				
26	Compactación de campo (25)*100/(5)	%	98.06				
RESULTADO:			98%				
7.- COMENTARIOS Y/O OBSERVACIONES							
ACRITA & TAPIA INGENIEROS SAC.							
CONSORCIO SADE - COSAPI							
Ing. Raul Cobarrillas Oliva CIP N° 64808 JEFE RESIDENTE DE OBRA							
CARLOS ALBERTO TUPA-CORDOVA Especialista Ambiental de Suelo							
APROBACIONES							
Elaborado por		Revisado por		Aprobado por			
Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:		
Arnaldo Pacheco	04	CONSORCIO SADE - COSAPI	04	José Luis Roman	04		
Fecha:	A:	Fecha:	A:	Fecha:	A:		
04/04/2018	04	William Alama Carmen ING. DE CALIDAD	13		18		



		Proyecto: AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES - SAN MARTÍN, REGIÓN PIURA - código GNP N° 270163					
PROTOCOLO DE DENSIDAD DE CAMPO - METODO CONO DE ARENA (NORMA ASTM D1556, MTC E.117)							
Código Formato: PC-MVT-03-F2	Revisión: 1	Fecha: 09-03-2018	CR: 3052	N° Registro: 495	Página 1 de 1		
Institución: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento - Programa Nacional de Saneamiento Urbano			Fecha de ensayo: 09-04-18				
Ubicación: CONFORMACIÓN DE TERRAPLEN PIURA FACULTAD 1			Técnica Campo: FRANKLIN JIMENEZ MANAYA				
Documentos de referencia: Norma ASTM D1556, MTC E.117, RNE E-050 Sueltas y Compactación							
1.- DATOS PRELIMINARES							
Item	Descripción	Und	Dato	Observación			
1	Densidad de la arena calibrada	g/cm ³	1.465				
2	Peso arena calibrada en el cono	g	1468				
3	Peso específico de la grava	g/cm ³					
4	Óptimo contenido de humedad	%	8.9				
5	Máxima densidad seca en laboratorio	g/cm ³	2.087				
Grado compactación requerido		%					
2.- EQUIPOS DE MEDICIÓN							
Equipo	Cono de arena	Equipo Speedy	Balanza	Tamiz 3/4"			
Código / N°	09-4	HA-553	18.8				
Observación							
3.- PUNTOS DE CONTROL							
Nombre	P1	P2	P3	P4	P5		
Tipo suelo							
Norte	94.2440.838						
Este	5.56.16.517						
Cota							
N° Capa	8						
Espesor capa	30cm						
4.- DENSIDAD DE HUMEDAD							
Item	DESCRIPCIÓN	UND	P1	P2	P3	P4	P5
6	Progresiva / Punto de control	km / Punto					
7	Peso de frasco + arena	g	8963				
	Peso de frasco + arena remanente	g	3030				
	Peso de arena, cono + hueco (7)-(8)	g	5933				
10	Peso de arena en el hueco (9)-(2)	g	4465				
11	Volumen del hueco (10)/(1)	cm ³	3090				
12	Peso del recipiente + suelo + grava	g	6802				
13	Peso del recipiente	g					
14	Peso retenido en la malla #3/4"	g	=				
15	Volumen de la grava (14)/(3)	cm ³					
16	Peso del suelo sin grava (12)-(13)-(14)	g	6802				
17	Volumen de suelo sin grava (15)-(15)	cm ³	3090				
18	Densidad Húmeda (16)/(17)	g/cm ³	2.204				
5.- CONTENIDO DE HUMEDAD CON HORNO O SPEEDY							
Item	DESCRIPCIÓN	UND	P1	P2	P3	P4	P5
19	Peso de cápsula	g					
20	Peso de cápsula + suelo húmedo	g					
21	Peso de cápsula + suelo seco	g					
22	Peso de agua (20) - (21)	g					
23	Peso de suelo seco (21)-(19)	g					
24	Contenido de humedad (22)/(23)	%	8				
6.- RESULTADOS							
Item	DESCRIPCIÓN	UND	P1	P2	P3	P4	P5
25	Densidad seca campo (18)/((1)+(24)/100)	g/cm ³	2.038				
26	Compactación de campo (25)/(100/5)	%	97.7				
RESULTADO:			98.0				
7.- COMENTARIOS Y/O OBSERVACIONES							
ACRUT & TAPIA INGENIEROS SAC Ing. Rubén Wallace Pacilla ESE EN MECÁNICA DE SUELOS		CONSORCIO SADE - COSAPI CARLOS ALBERTO TUPIA CORDOVA Especialista Mecánica de Suelos		CONSORCIO SADE - COSAPI Ing. Raul Cabanillas Oliva CIP N° 44808 JEFE RESIDENTE DE OBRA			
8.- APROBACIONES							
Elaborado por: Nombre / Función: Franklin Jimenez + Firma: <i>[Firma]</i>		Revisado por: Nombre / Función: CONSORCIO SADE - COSAPI William Alvaro Caceres ING DE CALIDAD		Aprobado por: Nombre / Función: Jose Carlos Roman Firma: <i>[Firma]</i>			



		Proyecto: AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES - SAN MARTÍN, REGIÓN PIURA - código SNP N° 270103					
PROTOCOLO DE DENSIDAD DE CAMPO - METODO CONO DE ARENA (NORMA ASTM D1556, MTC E117)							
Código Formato: PC-MVT-03-F2	Revisión: 1	Fecha: 09.03.2018	CR: 3052	N° Registro: 491	Página 1 de 1		
Cliente: Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento - Programa Nacional de Saneamiento Urbano			Fecha de ensayo: 04-04-2018				
Ubicación: Colonia de Jarapón			Técnico Campo: Arnoldo Pacheco				
Ubicación: Pto. - Tacuata			Turno: mañana				
Documentos de referencia: (Norma ASTM D1556, MTC E117, NBE E-050 Suelos y Climatización)							
1.- DATOS PRELIMINARES							
Item	Descripción	Und	Dato	Observación			
1	Densidad de la arena calibrada	g/cm ³	1.445				
2	Peso arena calibrada en el cono	g	1557				
3	Peso específico de la grava	g/cm ³	2.65				
4	Optimo contenido de humedad	%	8.97				
5	Máxima densidad seca en laboratorio	g/cm ³	2.087				
	Grado compactación requerido	%	95.1				
2.- EQUIPOS DE MEDICIÓN							
Equipo	Cono de arena	Equipo Speedy	Balanza	Tamiz 3/4"			
Código / N°	CA-3	1223	LD-6				
Observación:							
3.- PUNTOS DE CONTROL							
Nombre	P1	P2	P3	P4	P5		
Tipo suelo							
Nota	99.24929.130						
Este	535281-568						
Cota							
N° Capa	8						
Esesor capa	30cm						
4.- DENSIDAD DE HUMEDAD							
Item	DESCRIPCIÓN	UND	P1	P2	P3	P4	P5
6	Progresiva / Punto de control	km / Punto					
7	Peso de frasco + arena	g	9136				
	Peso de frasco + arena remanente	g	6252				
9	Peso de arena: cono + hueco (7)-(8)	g	5884				
10	Peso de arena en el hueco (9)-(2)	g	4323				
11	Volumen del hueco (10)/(1)	cm ³	2994				
12	Peso del recipiente + suelo + grava	g	6538				
13	Peso del recipiente	g	-				
14	Peso referido en la malla #3/4"	g	-				
15	Volumen de la grava (14)/(3)	cm ³	-				
16	Peso del suelo sin grava (12)-(13)-(14)	g	6538				
17	Volumen de suelo sin grava (11)-(15)	cm ³	2994				
18	Densidad húmeda (16)/(17)	g/cm ³	2.183				
5.- CONTENIDO DE HUMEDAD CON HORNO O SPEEDY							
Item	DESCRIPCIÓN	UND	P1	P2	P3	P4	P5
19	Peso de cápsula	g					
20	Peso de cápsula + suelo húmedo	g					
21	Peso de cápsula + suelo seco	g					
22	Peso de agua (20) - (21)	g					
23	Peso de suelo seco (21)-(19)	g					
24	Contenido de humedad (22)/(23)*100	%	8.37				
6.- RESULTADOS							
Item	DESCRIPCIÓN	UND	P1	P2	P3	P4	P5
25	Densidad seca campo (18)/((1)+(24)/100)	g/cm ³	2.018				
26	Compactación de campo (25)*100/(5)	%	96.69				
RESULTADO:			97.1				
7.- COMENTARIOS Y/O OBSERVACIONES							
ACRUTA & TAPIA INGENIEROS SAC							
Ing. Rubén Tapia Padilla CSR, E-1 MECANICO DE SUELOS				CONSORCIO SADE - COSAPI CARLOS ALBERTO YUPIA CORDOVA Especialista en Control de Suelo			
CONSORCIO SADE - COSAPI Ing. Raul Cabanillas Oliva CIP N° 44808 JEFE RESIDENTE DE OBRA							
8.- APROBACIONES							
Elaborado por		Revisado por		Aprobado por			
Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:		
Arnoldo Pacheco	04	CONSORCIO SADE - COSAPI	04	José Manuel Román	04		
Firma:	M:	Firma:	M:	Firma:	M:		
	04	WILLIAM YUPIA CORDOVA ING. DE CALIDAD	04		04		
	A:		A:		A:		
	2018		18		18		

CONSORCIO SADE-COSAPI 		Proyecto: "AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES - SAN MARTÍN, REGIÓN PIURA" - código SNIP N° 270163					
PROTOCOLO DE DENSIDAD DE CAMPO - METODO CONO DE ARENA (NORMA ASTM D1556, MTC E117)							
Código Formato: PC-MVT-03-F2	Revisión 1	Fecha: 09-03-2018	CR: 3052	N° Registro: 502	Página 1 de 1		
Cliente: Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento - Programa Nacional de Saneamiento Urbano			Fecha de ensayo: 06-04-2018				
Ubicación: San Martín - facultativa 3			Técnico Campo: Arnaldo Pacheco yagana				
Documentos de referencia: (NORMA ASTM D1556, MTC E117, RNE E-050 Subos y Climatización)							
1.- DATOS PRELIMINARES							
Item	Descripción	Und	Dato	Observación			
1	Densidad de la arena calibrada	g/cm ³	1.445				
2	Peso arena calibrada en el cono	g	1553				
3	Peso específico de la grava	g/cm ³					
4	Óptimo contenido de humedad	%	8.9%				
5	Máxima densidad seca en laboratorio	g/cm ³	2.083				
Grado compactación requerido		%	95%				
2.- EQUIPOS DE MEDICIÓN							
Equipo	Cono de arena	Equipo Speedy	Balanza	Tamiz 3/4"			
Código / N°	CA-3	1223	LB-6				
Observación							
3.- PUNTOS DE CONTROL							
Nombre	P1	P2	P3	P4	P5		
Tipo suelo							
Norte	94° 24' 55" - 96°						
Este	83° 59' 22" - 70°						
Cota							
N° Capa	3						
Espesor capa	30 cm						
4.- DENSIDAD DE HUMEDAD F3B-2							
Item	DESCRIPCIÓN	UND	P1	P2	P3	P4	P5
6	Progresiva / Punto de control	km / Punto					
7	Peso de frasco + arena	g	9045				
8	Peso de frasco + arena remanente	g	3158				
9	Peso de arena: cono + hueco (7)-(8)	g	5887				
10	Peso de arena en el hueco (9)-(2)	g	4330				
11	Volumen del hueco (10)/(5)	cm ³	2993				
12	Peso del recipiente + suelo + grava	g	6595				
13	Peso del recipiente	g	—				
14	Peso rotundo en la malla #3/4"	g	—				
15	Volumen de la grava (14)/(3)	cm ³	—				
16	Peso del suelo sin grava (12)-(13)-(14)	g	6595				
17	Volumen de suelo sin grava (11)-(15)	cm ³	2993				
18	Densidad Húmeda (16)/(17)	g/cm ³	2.201				
5.- CONTENIDO DE HUMEDAD CON HORNO O SPEEDY							
Item	DESCRIPCIÓN	UND	P1	P2	P3	P4	P5
19	Peso de cápsula	g					
20	Peso de cápsula + suelo húmedo	g					
21	Peso de cápsula + suelo seco	g					
22	Peso de agua (20) - (21)	g					
23	Peso de suelo seco (21)-(19)	g					
24	Contenido de humedad (22)*100/(23)	%	9.0%				
6.- RESULTADOS							
Item	DESCRIPCIÓN	UND	P1	P2	P3	P4	P5
25	Densidad seca campo (18)/(1+(24)*100)	g/cm ³	2.019				
26	Compactación de campo (25)*100/(5)	%	96.73				
RESULTADO:			97%				
7.- COMENTARIOS Y/O OBSERVACIONES							
ACRUTA & TAPIA INGENIEROS SAC. Ing. Rubén Guadalupe Padilla		CONSORCIO SADE - COSAPI CARLOS ALBERTO TUPIA CORDOVA Representante Municipal de San Martín		CONSORCIO SADE - COSAPI ING. RAUL CABANILLAS OLIVA CIP N° 44808 JEFE RESIDENTE DE OBRA			
8.- APROBACIONES/CAJAS DE SUELOS							
Elaborado por Nombre / Función: PAACHE Firma:  D: 06 M: 04 A: 2018		Revisado por Nombre / Función: CONSORCIO SADE - COSAPI Firma:  D: 06 M: 04 A: 18		Aprobado por Nombre / Función: José Torrey Roman Firma:  D: 06 M: 04 A: 18			

		Proyecto: "AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES - SAN MARTÍN, REGIÓN TURA" - código SMI N° 220183					
PROTOCOLO DE DENSIDAD DE CAMPO - METODO CONO DE ARENA (NORMA ASTM D1556, MTC E117)							
Código Formato: PC-MVT-03-F2		Revisión: 1		Fecha: 09-03-2018			
CR: 3052		N° Registro: 509		Página 1 de 1			
Cliente: Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento - Programa Nacional de Saneamiento Urbano				Fecha de ensayo: 06/04/2018			
Ubicación: CONFIRMACIÓN DE TERRAJEN				Técnica Campo: Jhonatan Rentería			
Ubicación: PTAR - FACULTATIVA 3				Tiempo: MAÑANA			
Documentos de referencia: (Norma ASTM D1556, MTC E117, RNE E-050 Sucesos Climatológicos)							
1.- DATOS PRELIMINARES							
Item	Descripción	Und	Dato	Observación			
1	Densidad de la arena calibrada	g/cm ³	1.445				
2	Peso arena calibrada en el cono	g	1342				
3	Peso específico de la grava	g/cm ³	2.65				
4	Óptimo contenido de humedad	%	8.9				
5	Máxima densidad seca en laboratorio	g/cm ³	2.081				
Grado compactación requerido		%	95.1				
2.- EQUIPOS DE MEDICIÓN							
Equipo	Cono de arena	Equipo Speedy	Balanza	Tamiz 3/4"			
Código / N°	CA-6	MH-553	26-09				
Observación							
3.- PUNTOS DE CONTROL							
Nombre	P1	P2	P3	P4	P5		
Tipo suelo							
Norte	942442.747	942426.9554					
Este	535863.758	535845.585					
Cota							
N° Capa	4	7					
Espesor capa	30 cm	30 cm					
4.- DENSIDAD DE HUMEDAD							
Item	DESCRIPCIÓN	UND	P1	P2	P3	P4	P5
6	Progresiva / Punto de control	km / Punto					
7	Peso de frasco + arena	g	8432	8405			
8	Peso de frasco + arena remanente	g	2415	2415			
9	Peso de arena: cono + hueco (7)-(8)	g	6017	5990			
10	Peso de arena en el hueco (9)-(8)	g	4235	4248			
11	Volumen del hueco (10)/(9)	cm ³	2958	2940			
12	Peso del recipiente + suelo + grava	g	6450	6635			
13	Peso del recipiente	g	-	-			
14	Peso retenido en la malla #3/4"	g	-	-			
15	Volumen de la grava (14)/(3)	cm ³	-	-			
16	Peso del suelo sin grava (12)-(13)-(14)	g	6450	6635			
17	Volumen de suelo sin grava (11)-(15)	cm ³	2958	2939			
18	Densidad Húmeda (16)/(17)	g/cm ³	2.180	2.259			
5.- CONTENIDO DE HUMEDAD CON HORNO O SPEEDY							
Item	DESCRIPCIÓN	UND	P1	P2	P3	P4	P5
19	Peso de cápsula	g					
20	Peso de cápsula + suelo húmedo	g					
21	Peso de cápsula + suelo seco	g					
22	Peso de agua (20)-(21)	g					
23	Peso de suelo seco (21)-(19)	g					
24	Contenido de humedad (22)*100/(23)	%	9.1	9.4			
6.- RESULTADOS							
Item	DESCRIPCIÓN	UND	P1	P2	P3	P4	P5
25	Densidad seca campo (18)/(1+(24)/100)	g/cm ³	2.000	2.063			
26	Compactación de campo (25)*100/(5)	%	95.84	98.83			
RESULTADO:			96	99			
7.- COMENTARIOS Y/O OBSERVACIONES			OK	OK			
ACRUTA & TAPIA INGENIEROS SAC.		CONSORCIO SADE - COSAPI		CONSORCIO SADE - COSAPI			
Ing. Robert Beltrán Padilla INGENIERO EN GEOTECNIA DE SUELOS		CARLOS ALBERTO YUPIA CORDOVA Especialista Mecánica de Suelos		ING. RAUL CABANILLAS OLIVA CIP N° 44809 JEFE RESIDENTE DE OBRA			
8.- APROBACIONES							
Elaborado por Nombre / Función: Jhonatan Rentería Amaya Firma: D: 06 M: 04 A: 18		Revisado por Nombre / Función: CONSORCIO SADE - COSAPI Firma: William Alarcón Carmen ING. DE CALIDAD D: 06 M: 04 A: 18		Aprobado por Nombre / Función: José Antonio Romero Firma: D: 06 M: 04 A: 18			

		Proyecto: AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES - SAN MARTÍN, REGIÓN PIURA - código SNIP N° 270153					
PROTOCOLO DE DENSIDAD DE CAMPO - METODO CONO DE ARENA (NORMA ASTM D1556, MTC E117)							
Código Formulario: PC-MVT-03-F2	Revisión: 1	Fecha: 03-03-2018	CR: 3057	N° Registro: 509	Página 1 de 1		
Centro: Manejo de Vivienda Construcción y Saneamiento - Programa Nacional de Saneamiento Urbano Oficina: Benformación de + 200 personas Ubicación: Plar Facultad 03			Fecha de ensayo: 06/04/18 Técnico Campo: Augusta Jari Turno: TARDE				
Documentos de referencia: (Norma ASTM D1556, MTC E117, RNE E-050 Suelos y Geotecnologías)							
1.- DATOS PRELIMINARES							
Item	Descripción	Und	Dato	Observación			
1	Densidad de la arena calibrada	g/cm ³	1.443				
2	Peso arena calibrada en el cono	g	1864				
3	Peso específico de la grava	g/cm ³	2.65				
4	Óptimo contenido de humedad	%	8.9				
5	Máxima densidad seca en laboratorio	g/cm ³	2.087				
Grado compactación requerido		%					
2.- EQUIPOS DE MEDICIÓN							
Equipo	Cono de arena	Equipo Speedy	Balanza	Tempr 3/4"			
Código / N°	LB-01	1822	LB-07				
Observación:							
3.- PUNTOS DE CONTROL							
Nombre	P1	P2	P3	P4	P5		
Tipo suelo							
Norte	93° 24' 28.41"	94° 21' 04.34"					
Este	53° 54' 47.27"	53° 58' 52.73"					
Cota							
N° Capa	7	7					
Espesor capa	30cm	30cm					
4.- DENSIDAD DE HUMEDAD							
Item	DESCRIPCIÓN	UND	P1	P2	P3	P4	P5
6	Progresiva / Punto de control	km / Punto					
7	Peso de frasco + arena	g	8140	8198			
	Peso de frasco + arena remanente	g	2020	1886			
	Peso de arena: cono + hueco (7)-(8)	g	6120	6312			
10	Peso de arena en el hueco (9)-(2)	g	4256	4447			
11	Volumen del hueco (10)/(1)	cm ³	2945.33	3078			
12	Peso del recipiente + suelo + grava	g	6540	6528			
13	Peso del recipiente	g					
14	Peso retenido en la malla #3/4"	g					
15	Volumen de la grava (14)/(3)	cm ³					
16	Peso del suelo sin grava (12)-(13)-(14)	g	6340	6598			
17	Volumen de suelo sin grava (11)-(15)	cm ³	2945.33	3078			
18	Densidad Húmeda (16)/(17)	g/cm ³	2.220	2.144			
5.- CONTENIDO DE HUMEDAD CON HORNO O SPEEDY							
Item	DESCRIPCIÓN	UND	P1	P2	P3	P4	P5
19	Peso de cápsula	g					
20	Peso de cápsula + suelo húmedo	g					
21	Peso de cápsula + suelo seco	g					
22	Peso de agua (20)-(21)	g					
23	Peso de suelo seco (21)-(19)	g					
24	Contenido de humedad (22)*100/(23)	%	8.5	8.2			
6.- RESULTADOS							
Item	DESCRIPCIÓN	UND	P1	P2	P3	P4	P5
25	Densidad seca campo (16)/(1)-(24)*100	g/cm ³	2.046	2.981			
26	Compactación de campo (25)*100/(5)	%	98%	94.9			
RESULTADO:				95			
7.- COMENTARIOS Y/O OBSERVACIONES							
ACRUITA & TAPIA INGENIEROS SAC. Ing. Rubén Godina Padilla		CONSORCIO SADE - COSAPI CARLOS ALBERTO TAPIA CORDOVA Especialista Mecánica de Suelos		CONSORCIO SADE - COSAPI ING. RAMÓN CABANILLAS OLIVA CP N° 14868 JEFE RESIDENTE DE OBRA			
8.- APROBACIONES							
Elaborado por Nombre / Función: Jesús Augusto Jari Firma:		Revisado por Nombre / Función: CONSORCIO SADE - COSAPI William Paloma Carmen ING. DE CALIDAD		Aprobado por Nombre / Función: Ing. Ramon Cabanillas Oliva Firma:			

CONSORCIO SADE-COSAPI 		Proyecto: "AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA REGIONALES - SAN MARTÍN, REGIÓN PIURA" - código SNP N° 270163					
PROTOCOLO DE DENSIDAD DE CAMPO - METODO CONO DE ARENA (NORMA ASTM D1550, MTC E117)							
Código Formulario: PC-MVT-03-F2	Revisión: 1	Fecha: 09-03-2018	CR: 3062	N° Registro: 508	Página 1 de 1		
Cliente: Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento - Programa Nacional de Saneamiento Urbano Ubicación: CONFORMACION DE TERRAPLEN PTAR FACULTADIVA - 3			Fecha de ensayo: 06-04-18 Técnico Campo: FRANKLIN JIMÉNEZ FORDE Turno:				
Documentos de referencia: (Norma ASTM D1556, MTC E117, RNE E-090 Suelos y Cimentaciones)							
1.- DATOS PRELIMINARES							
Item	Descripción	Und	Dato	Observación			
1	Densidad de la arena calibrada	g/cm ³	1.485				
2	Peso arena calibrada en el cono	g	1468				
3	Peso específico de la grava	g/cm ³					
4	Optimo contenido de humedad	%	8.9				
5	Máxima densidad seca en laboratorio	g/cm ³	2.083				
Grado compactación requerido		%					
2.- EQUIPOS DE MEDICIÓN							
Equipo	Cono de arena	Equipo Speedy	Balanza	Tamiz 30"			
Código / N°	CA-4	MM-S53	LB-8				
Observación:							
3.- PUNTOS DE CONTROL							
Nombre	P1	P2	P3	P4	P5		
Tipo suelo							
Norte	4424185.389						
Este	635902.284						
Cota							
N° Capa	7						
Espesor capa	30cm						
4.- DENSIDAD DE HUMEDAD							
Item	DESCRIPCIÓN	UND	P1	P2	P3	P4	P5
6	Progresiva / Punto de control	km / Punto					
7	Peso de frasco + arena	g	900.6				
8	Peso de frasco + arena remanente	g	299.6				
9	Peso de arena: cono + hueco (7)-(8)	g	601.0				
10	Peso de arena en el hueco (9)-(8)	g	484.2				
11	Volumen del hueco (10)/(9)	cm ³	3143				
12	Peso del recipiente + suelo + grava	g	686.8				
13	Peso del recipiente	g					
14	Peso retenido en la malla #30"	g					
15	Volumen de la grava (14)/(9)	cm ³	686.8				
16	Peso del suelo sin grava (12)-(13)-(14)	g	3143				
17	Volumen de suelo sin grava (11)-(15)	cm ³	2.185				
18	Densidad Húmeda (16)/(17)	g/cm ³					
5.- CONTENIDO DE HUMEDAD CON HORNO O SPEEDY							
Item	DESCRIPCIÓN	UND	P1	P2	P3	P4	P5
19	Peso de cápsula	g					
20	Peso de cápsula + suelo húmedo	g					
21	Peso de cápsula + suelo seco	g					
22	Peso de agua (20)-(21)	g					
23	Peso de suelo seco (21)-(19)	g					
24	Contenido de humedad (22)/(23)*100	%	8.9				
6.- RESULTADOS							
Item	DESCRIPCIÓN	UND	P1	P2	P3	P4	P5
25	Densidad seca campo (18)/(1+(24)/100)	g/cm ³	2.06				
26	Compactación de campo (25)*100/(5)	%	96.6				
RESULTADO:			97.0				
7.- COMENTARIOS Y/O OBSERVACIONES							
ACRITA & TADIA INGENIEROS SAC. Ing. Rafael Padilla Ing. Carlos Alberto Tupa Cordova Ing. Rafael Cabanillas Oliva Jefe Responsable de Obra							
8.- APROBACIÓN DE SUELOS							
Elaborado por Nombre / Función: FRANKLIN JIMÉNEZ FORDE D: 06, M: 04, A: 18		Revisado por Nombre / Función: CONSORCIO SADE-COSAPI D: 06, M: 04, A: 18		Aprobado por Nombre / Función: JOSÉ RAFAEL ROMÁN D: 06, M: 04, A: 18			

		Proyecto: "AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES - SAN MARTÍN, REGIÓN PIURA" - código SNIP N° 270163					
PROTOCOLO DE DENSIDAD DE CAMPO - MÉTODO CONO DE ARENA (NORMA ASTM D1556, MTC E117)							
Código Formato: PC-MVT-03-F2		Revisión 1		Fecha: 09-03-2018		CR: 3052	
N° Registro: 507		Página 1 de 1					
Cliente: Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento - Programa Nacional de Saneamiento Urbano				Fecha de ensayo: 06-04-2018			
Ubicación: Conformación de Terraplen Pto - facultativa 3				Técnico Campo: Arnaldo Pacheco			
Documentos de referencia: (Norma ASTM D1556, MTC E117, RNE 1-050 Suelos y Cimentaciones)				Turno: Tarde			

1.- DATOS PRELIMINARES

Item	Descripción	Und	Valor	Observación
1	Densidad de la arena calibrada	g/cm ³	1.445	
2	Peso arena calibrada en el cono	g	1557	
3	Peso específico de la grava	g/cm ³		
4	Óptimo contenido de humedad	%	8.97	
5	Máxima densidad seca en laboratorio	g/cm ³	2.087	
	Grado compactación requerido	%		

2.- EQUIPOS DE MEDICIÓN

Equipo	Cono de arena	Equipo Speedy	Balanza	Tamiz 3/4"
Código / N°	CA-3	1223	LB-6	
Observación				

3.- PUNTOS DE CONTROL

Nombre	P1	P2	P3	P4	P5
Tipo suelo					
Norte	9424155.764				
Este	535922.708				
Cota					
N° Caps	4				
Espeor capa	30cm				

4.- DENSIDAD DE HUMEDAD

Item	DESCRIPCIÓN	UND	P1	P2	P3	P4	P5
6	Progresiva / Punto de control	km / Punto					
7	Peso de frasco + arena	g	9048				
	Peso de frasco + arena remanente	g	3248				
	Peso de arena: cono + hueco (7)-(8)	g	5800				
10	Peso de arena en el hueco (9)-(2)	g	4243				
11	Volumen del hueco (10)/(1)	cm ³	2936				
12	Peso del recipiente + suelo + grava	g	6453				
13	Peso del recipiente	g	-				
14	Peso retenido en la malla #3/4"	g	-				
15	Volumen de la grava (14)/(3)	cm ³	-				
16	Peso del suelo sin grava (12)-(13)-(14)	g	6453				
17	Volumen de suelo sin grava (11)-(15)	cm ³	2936				
18	Densidad Húmeda (16)/(17)	g/cm ³	2.198				

5.- CONTENIDO DE HUMEDAD CON HORNO O SPEEDY

Item	DESCRIPCIÓN	UND	P1	P2	P3	P4	P5
19	Peso de cápsula	g					
20	Peso de cápsula + suelo húmedo	g					
21	Peso de cápsula + suelo seco	g					
22	Peso de agua (20) - (21)	g					
23	Peso de suelo seco (21)-(19)	g					
24	Contenido de humedad (22)/(23)	%	9.07				

6.- RESULTADOS

Item	DESCRIPCIÓN	UND	P1	P2	P3	P4	P5
25	Densidad seca campo (18)/(1+(24)/100)	g/cm ³	2.016				
26	Compactación de campo (25)/(100)/(5)	%	96.61				
RESULTADO:			97%				

7.- COMENTARIOS Y/O OBSERVACIONES


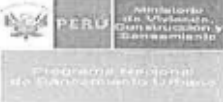

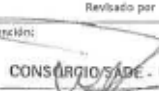
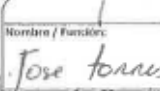
AGRUTA & TAPIA INGENIEROS SAC
 Ing. Rubel Padilla Padilla



CONSORCIO SADE - COSAPI
 CARLOS ALBERTO TUPIA CORDOVA
 Especialista Mecánico de Suelos


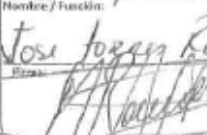
CONSORCIO SADE - COSAPI
 ING. RAUL CAGANILLAS OLIVERA
 CIP N° 44998
 JEFE REGISTRO DE OBRA

8.- APROBACIONES



Elaborado por		Revisado por		Aprobado por	
Nombre / Función:	Arnaldo Pacheco	Nombre / Función:	CONSORCIO SADE - COSAPI	Nombre / Función:	Ing. Carlos Pacheco
D:	06	D:	06	D:	06
M:	04	M:	04	M:	04
A:	2018	A:	18	A:	18



CONSORCIO SADE-COSAPI 		Proyecto: "AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES - SAN MARTÍN, REGIÓN PIURA" - código SNIP N° 270163					
PROTOCOLO DE DENSIDAD DE CAMPO - METODO CONO DE ARENA (NORMA ASTM D1556, MTC E117)							
Código Formulario: PC-MVT-03-F2	Revisión 1	Fecha: 09-03-2018	CR: 3052	N° Registro: 500	Página 1 de 1		
Cliente: Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento - Programa Nacional de Saneamiento Urbano			Fecha de ensayo: Jonathan Ríos				
obra: CONFORMACIÓN DE TERRAPLEN			Técnico Campo: 06/04/2018				
Ubicación: PIURA - FACULTATIVA 3			Turno: MAÑANA				
Documento de referencia: (Norma ASTM D1556, MTC E117, RNE C-050 Suelos y Climatización)							
1.- DATOS PRELIMINARES							
Item	Descripción	Unid	Dato	Observación			
1	Densidad de la arena calibrada	g/cm ³	1.445				
2	Peso arena calibrada en el cono		1242				
3	Peso específico de la grava	g/cm ³	2.63				
4	Óptimo contenido de humedad	%	8.9				
5	Máxima densidad seca en laboratorio	g/cm ³	2.087				
	Grado compactación requerido	%	95.1				
2.- EQUIPOS DE MEDICIÓN							
Equipo	Cono de arena	Equipo Speedy	Balanza	Tamiz 3/4"			
Código / N°	CA-5	MH-553	16-09				
Observación							
3.- PUNTOS DE CONTROL							
Nombre	P1	P2	P3	P4	P5		
Tipo suelo							
Norte	9429099.597	9429099.386					
Este	535960.770	535960.722					
Cota							
N° Capa	7	7					
Espesor capa	30 cm	30 cm					
4.- DENSIDAD DE HUMEDAD							
Item	DESCRIPCIÓN	UND	P1	P2	P3	P4	P5
6	Progresiva / Punto de control	km / Punto					
7	Peso de frasco + arena	g	8300	8330			
	Peso de frasco + arena remanente	g	2220	2250			
	Peso de arena: cono + hueco (7)-(8)	g	6080	6080			
10	Peso de arena en el hueco (9)-(2)	g	4338	4338			
11	Volumen del hueco (10)/(1)	cm ³	3002	3002			
12	Peso del recipiente + suelo + grava	g	6530	6480			
13	Peso del recipiente	g	-	-			
14	Peso retenido en la malla #3/4"	g	-	-			
15	Volumen de la grava (14)/(3)	cm ³	-	-			
16	Peso del suelo sin grava (12)-(13)-(14)	g	6570	6480			
17	Volumen de suelo sin grava (11)-(15)	cm ³	3002	3002			
18	Densidad Húmeda (16)/(17)	g/cm ³	2.188	2.159			
6.- CONTENIDO DE HUMEDAD CON HORNO O SPEEDY							
Item	DESCRIPCIÓN	UND	P1	P2	P3	P4	P5
19	Peso de cápsula	g					
20	Peso de cápsula + suelo húmedo	g					
21	Peso de cápsula + suelo seco	g					
22	Peso de agua (20) - (21)	g					
23	Peso de suelo seco (21)-(19)	g					
24	Contenido de humedad (22)*100/(23)	%	9.7	9.37			
6.- RESULTADOS							
Item	DESCRIPCIÓN	UND	P1	P2	P3	P4	P5
25	Densidad seca campo (18)/(1+24)/(100)	g/cm ³	2.008	1.935			
26	Compactación de campo (25)*100/(5)	%	96.20	94.63			
RESULTADO:			96	95			
7.- COMENTARIOS Y/O OBSERVACIONES							
OK OK							
ACRUTA & TAPIA INGENIEROS S.R.O.							
CONSORCIO SADE - COSAPI							
CONSORCIO SADE - COSAPI							
8.- APROBACIONES							
Elaborado por Nombre / Función: Jonathan Ríos Araya Firma: 		Revisado por Nombre / Función: Carlos Alberto Tapia Cordova Firma: 		Aprobado por Nombre / Función: Jose torres Román Firma: 		D: 06 M: 04 A: 18	
CONSORCIO SADE - COSAPI William Aguirre ING. DE CALIDAD		CONSORCIO SADE - COSAPI William Aguirre ING. DE CALIDAD		CONSORCIO SADE - COSAPI William Aguirre ING. DE CALIDAD		CONSORCIO SADE - COSAPI William Aguirre ING. DE CALIDAD	

		Proyecto: "AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES - SAN MARTÍN, REGIÓN PIURA" - código SNIP N° 270163					
PROTOCOLO DE DENSIDAD DE CAMPO - METODO CONO DE ARENA (NORMA ASTM D1556, MTC E117)							
Código Formulario: PC-MVT-03-F2		Revisión: 1		Fecha: 09-03-2018		CR: 3062	
N° Registro: 503		Página 1 de 1					
Cliente: Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento - Programa Nacional de Saneamiento Urbano				Fecha de ensayo: 06/04/2018			
Autor: CONFORMACIÓN DE TERRAPLEN				Técnica Campo: Jonathan Reute			
Ubicación: PIURA - TACUATINA 1				Turno: MAÑANA			
Documentos de referencia: (Norma ASTM D1556, MTC E117, RNE E-090 Suelos y Cimentaciones)							
1.- DATOS PRELIMINARES							
Item	Descripción	Unid	Data		Observación		
1	Densidad de la arena calibrada	g/cm3	1.445				
2	Peso arena calibrada en el cono	g	1742				
3	Peso específico de la grava	g/cm3	2.65				
4	Óptimo contenido de humedad	%	8.9				
5	Máxima densidad seca en laboratorio	g/cm3	2.087				
Grado compactación requerido		%	95.1				
2.- EQUIPOS DE MEDICIÓN							
Equipo	Cono de arena	Equipo Speedy	Balanza	Tamiz 3/4"			
Código / N°	CA - 5	MH-563	16 - 09				
Observación							
3.- PUNTOS DE CONTROL							
Nombre	P1	P2	P3	P4	P5		
Tipo suelo							
Norte	94 24 473 - 522						
Este	53 59 75 621						
Cota							
N° Capa	5						
Exposor capa	30 cm						
4.- DENSIDAD DE HUMEDAD							
Item	DESCRIPCIÓN	UNO	P1	P2	P3	P4	P5
6	Progresiva / Punto de control	km / Punto					
7	Peso de frasco + arena	g	8430				
7	Peso de frasco + arena remanente	g	2350				
	Peso de arena: cono + hueco (7)-(6)	g	6080				
10	Peso de arena en el hueco (8)-(7)	g	4338				
11	Volumen del hueco (10)/(9)	cm3	3002				
12	Peso del recipiente + suelo + grava	g	6602				
13	Peso del recipiente	g	-				
14	Peso retenido en la malla #3/4"	g	-				
15	Volumen de la grava (14)/(3)	cm3	-				
16	Peso del suelo sin grava (12)-(13)-(14)	g	6602				
17	Volumen de suelo sin grava (11)-(15)	cm3	3002				
18	Densidad Húmeda (18)/(17)	g/cm3	2.199				
5.- CONTENIDO DE HUMEDAD CON HORNO O SPEEDY							
Item	DESCRIPCIÓN	UNO	P1	P2	P3	P4	P5
19	Peso de cápsula	g					
20	Peso de cápsula + suelo húmedo	g					
21	Peso de cápsula + suelo seco	g					
22	Peso de agua (20) - (21)	g					
23	Peso de suelo seco (21)-(19)	g					
24	Contenido de humedad (22)*100/(23)	%	8.3.1				
6.- RESULTADOS							
Item	DESCRIPCIÓN	UNO	P1	P2	P3	P4	P5
25	Densidad seca campo (18)/(1+(24)/100)	g/cm3	2.031				
26	Compactación de campo (25)*100/(5)	%	97.30				
RESULTADO:			97				
7.- COMENTARIOS Y/O OBSERVACIONES							
OK							
ACRUELA & TAPIA INGENIEROS SAC. Ing. Rubén Saldaña Padilla		CONSORCIO SADE - COSAPI Ing. ALBERTO TUPIA CORDOVA		CONSORCIO SADE - COSAPI ING. RAUL CABAMILLAS OLIVA			
8.- APROBACIONES							
Elaborado por		Revisado por		Aprobado por			
Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:		
Jonathan Reute Analyst	06	CONSORCIO SADE - COSAPI	06	Jose Toranzo Roman	06		
Firma:	M:	Firma:	M:	Firma:	M:		
	04	Wladimir Ariana Carmona	04		04		
	A:	Ing. DE CALIDAD	A:		A:		
	18		18		18		



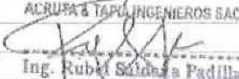


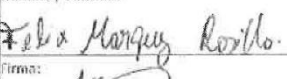

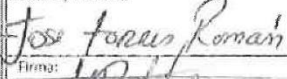
		Proyecto: "AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES - SAN MARTÍN, REGIÓN PIURA" - código SNIP N° 270163					
PROTOCOLO DE DENSIDAD DE CAMPO - METODO CONO DE ARENA (NORMA ASTM D1556, MTC E117)							
Código Formato: PC-MVT-03-F2		Revisión: 1	Fecha: 09-03-2018	CR: 3052	N° Registro: 504		
Cliente: Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento - Programa Nacional de Saneamiento Urbano			Fecha de ensayo: 06-04-2018				
Ubicación: Conformación de Terraplén Piso - Facilitativa 1			Técnico Campo: Arnaldo Pacheco				
Documentos de referencia: (Norma ASTM D1556, MTC E117, RNE E-080 Suelos y Cimentaciones)							
1.- DATOS PRELIMINARES							
Item	Descripción	Unid	Dato	Observación			
1	Densidad de la arena calibrada	g/cm ³	1.445				
2	Peso arena calibrada en el cono	g	1553				
3	Peso específico de la grava	g/cm ³					
4	Óptimo contenido de humedad	%	8.9.1.				
5	Máxima densidad seca en laboratorio	g/cm ³	2.087				
	Grado compactación requerido	%					
2.- EQUIPOS DE MEDICIÓN							
Equipo	Cono de arena	Equipo Speedy	Balanza	Tamiz 3/4"			
Código / N°	CA-3	1223	LB-6				
Observación							
3.- PUNTOS DE CONTROL							
Nombre	P1	P2	P3	P4	P5		
Tipo suelo							
Norte	94.24458.404						
Este	525849.444						
Cota							
N° Capa	5						
Espeor capa	30cm						
4.- DENSIDAD DE HUMEDAD							
Item	DESCRIPCIÓN	UND	P1	P2	P3	P4	P5
6	Progresiva / Punto de control	km / Punto					
7	Peso de frasco + arena	g	9055				
	Peso de frasco + arena remanente	g	3301				
	Peso de arena: cono + hueco (7)-(8)	g	5754				
10	Peso de arena en el hueco (9)-(2)	g	4197				
11	Volumen del hueco (10)/(1)	cm ³	2904				
12	Peso del recipiente + suelo + grava	g	6403				
13	Peso del recipiente	g					
14	Peso retenido en la malla #3/4"	g					
15	Volumen de la grava (14)/(13)	cm ³					
16	Peso del suelo sin grava (12)-(13)-(14)	g	6403				
17	Volumen de suelo sin grava (11)-(15)	cm ³	2904				
18	Densidad Húmeda (16)/(17)	g/cm ³	2.205				
5.- CONTENIDO DE HUMEDAD CON HORNO O SPEEDY							
Item	DESCRIPCIÓN	UND	P1	P2	P3	P4	P5
19	Peso de cápsula	g					
20	Peso de cápsula + suelo húmedo	g					
21	Peso de cápsula + suelo seco	g					
22	Peso de agua (20) - (21)	g					
23	Peso de suelo seco (21)-(19)	g					
24	Contenido de humedad (22)*100/(23)	%	8.4%				
6.- RESULTADOS							
Item	DESCRIPCIÓN	UND	P1	P2	P3	P4	P5
25	Densidad seca campo (16)/(1-(24)/100)	g/cm ³	2.034				
26	Compactación de campo (25)*100/(5)	%	97.45				
RESULTADO:			97.45				
7.- COMENTARIOS Y/O OBSERVACIONES							
OK							
ACRUTA & TAPI INGENIEROS SAC. Ing. Rubén Williams Padilla ESP. EN MECÁNICA DE SUELOS		CONSORCIO SADE - COSAPI CARLOS ALBERTO TUPIA CORDOVA Ingeiero Mecánico de Suelo		CONSORCIO SADE - COSAPI ING. RAUL CABANILLAS OLIVA CIP N° 44008 JEFE RESIDENTE DE OBRA			
8.- APROBACIONES							
Elaborado por Nombre / Función: Arnaldo Pacheco Firma:  D: 06 M: 04 A: 2018		Revisado por Nombre / Función: CONSORCIO SADE - COSAPI Firma: WILSON ALMA CARMEN INGENIERO DE CALIDAD D: 06 M: 04 A: 18		Aprobado por Nombre / Función: José Jorge Román Firma:  D: 06 M: 04 A: 18			

		Proyecto: AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES - SAN MARTÍN, REGIÓN PIURA - código SNP N° 270163					
PROTOCOLO DE DENSIDAD DE CAMPO - METODO CONO DE ARENA (NORMA ASTM D1556, MTC E117)							
Código Formulario: PC-MVT-03-F2		Revisión: 1		Fecha: 09-03-2018		CR: 3052	
N° Registro: 506		Página 1 de 1					
Ente: Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento - Programa Nacional de Saneamiento Urbano Actuante: CONFORMACION DE TERRAPLEN Ubicación: PTA Facultativa - 1				Fecha de ensayo: 06-04-18 Técnico Campo: Franklin Jiménez Tarea: TARE			
Documentos de referencia: (Norma ASTM D1556, MTC E117, RNE E-050 Suaviz y Compactación)							
1.- DATOS PRELIMINARES							
Item	Descripción	Und	Dato		Observación		
1	Densidad de la arena calibrada	g/cm ³	1.445				
2	Peso arena calibrada en el cono	g	1468				
3	Peso específico de la grava	g/cm ³					
4	Óptimo contenido de humedad	%	8.9				
5	Máxima densidad seca en laboratorio	g/cm ³	2.027				
Grado compactación requerido		%					
2.- EQUIPOS DE MEDICIÓN							
Equipo	Cono de arena	Equipo Speedy	Balanza	Tamiz 30µ			
Código / N°	CA-4	MA-553	LB-8				
Observación							
3.- PUNTOS DE CONTROL							
Nombre	P1	P2	P3	P4	P5		
Tipo suelo							
Norte	9421318.275						
Este	506123.303						
Cota							
N° Capa	9						
Espeor capa	30cm						
4.- DENSIDAD DE HUMEDAD							
Item	DESCRIPCIÓN	UND	P1	P2	P3	P4	P5
6	Pregresiva / Punto de control	km / Punto					
7	Peso de frasco + arena	g	6938				
	Peso de frasco + arena remanente	g	3198				
8	Peso de arena: cono + hueco (7)-(6)	g	3740				
10	Peso de arena en el frasco (9)-(7)	g	6272				
11	Volumen del hueco (10)(5)	cm ³	2956				
12	Peso del recipiente + suelo + grava	g	6413				
13	Peso del recipiente	g	-				
14	Peso retenido en la malla #30µ	g	-				
15	Volumen de la grava (14)(3)	cm ³	-				
16	Peso del suelo en grava (12)-(13)-(14)	g	6413				
17	Volumen de arena sin grava (11)-(15)	cm ³	2956				
18	Densidad Húmeda (16)(17)	g/cm ³	2.169				
5.- CONTENIDO DE HUMEDAD CON HORNO O SPEEDY							
Item	DESCRIPCIÓN	UND	P1	P2	P3	P4	P5
19	Peso de cápsula	g					
20	Peso de cápsula + suelo húmedo	g					
21	Peso de cápsula + suelo seco	g					
22	Peso de agua (20) - (21)	g					
23	Peso de suelo seco (21) - (19)	g					
24	Contenido de humedad (22)*(100)/(23)	%	7.1				
6.- RESULTADOS							
Item	DESCRIPCIÓN	UND	P1	P2	P3	P4	P5
25	Densidad seca campo (18)(1+(24)/100)	g/cm ³	2.023				
26	Compactación de campo (25)*(100)/(5)	%	93.1				
RESULTADO:			93.0				
7.- COMENTARIOS Y/O OBSERVACIONES							
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> ACRUTA & TAPIA INGENIEROS EAC Ing. Rubén Sánchez Padilla <small>INGENIERO MECÁNICO DE SUELOS</small> </div> <div> CONSORCIO SAGE - COSAPI JILLES ALBERTO TOPIA CORDOVA <small>INGENIERO MECÁNICO DE SUELOS</small> </div> <div> CONSORCIO SAGE - COSAPI ING. RAUL CABANILLAS OLIVA <small>CIP N° 44800 JEFE RESIDENTE DE OBRA</small> </div> </div>							
8.- APROBACION MECANICA DE SUELOS							
Elaborado por		Revisado por		Aprobado por			
Nombre / Función:	D: 06	Nombre / Función:	D: 06	Nombre / Función:	D: 06		
M: 04		M: 04		M: 04			
A: 18		A: 18		A: 18			
 Franklin Jimenez <small>Técnico</small>		 William Alaina-Carmen <small>INGENIERO DE CALIDAD</small>		 José Antonio Romani <small>Técnico</small>			

CONSORCIO SAGE-COSAPI 		Proyecto: "AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES - SAN MARTÍN, REGIÓN PIURA" - Código SNIP N° 270103					
PROTOCOLO DE DENSIDAD DE CAMPO - METODO CONO DE ARENA (NORMA ASTM D1556, MTC E117)							
Código Formulario: PC-MVT-03-F2	Revisión: 1	Fecha: 04-03-2018	CR: 3052	N° Registro: 505	Página 1 de 1		
Institución: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento - Programa Nacional de Saneamiento Urbano			Fecha de ensayo: 06/04/18				
Autor: Compartidor de Formatos			Técnico Campo: Augusto Roca +				
Ubicación: Plot Fertilizante 1			Tema: TARDE				
Documento de referencia: (Norma ASTM D1556, MTC E117, RNE E-050 Suelos Cimentaciones)							
1.- DATOS PRELIMINARES							
Item	Descripción	Unid	Dato	Observación			
1	Densidad de la arena calibrada	g/cm ³	1.445				
2	Peso arena calibrada en el cono	g	1864				
3	Peso específico de la grava	g/cm ³	2.65				
4	Óptimo contenido de humedad	%	8.9				
5	Máxima densidad seca en laboratorio	g/cm ³	2.089				
Grado compactación requerido		%					
2.- EQUIPOS DE MEDICIÓN							
Equipo	Cono de arena	Equipo Speedy	Balanza	Tamiz 3/4"			
Código / N°	CA-01	1222	L6-07				
Observación:							
3.- PUNTOS DE CONTROL							
Nombre	P1	P2	P3	P4	P5		
Tipo suelo							
Norte	0424316						
Este	536161.4 28						
Cota							
N° Capa	9						
Espeor capa	30cm						
4.- DENSIDAD DE HUMEDAD F1846							
Item	DESCRIPCIÓN	UNO	P1	P2	P3	P4	P5
6	Progresiva / Punto de control	ton / Punto					
7	Peso de frasco + arena	g	8192				
	Peso de frasco + arena remanente	g	1397				
✓	Peso de arena: cono + hueco (7)-(8)	g	6395				
10	Peso de arena en el hueco (9)-(2)	g	4531				
11	Volumen del hueco (10)(1)	cm ³	3135.64				
12	Peso del recipiente + suelo + grava	g	6802				
13	Peso del recipiente	g					
14	Peso retenido en la malla #3/4"	g					
15	Volumen de la grava (14)(3)	cm ³					
16	Peso del suelo sin grava (12)-(13)-(14)	g	6802				
17	Volumen de suelo sin grava (11)-(15)	cm ³	3135.64				
18	Densidad Húmeda (16)(17)	g/cm ³	2.169				
5.- CONTENIDO DE HUMEDAD CON HORNO O SPEEDY							
Item	DESCRIPCIÓN	UNO	P1	P2	P3	P4	P5
19	Peso de cápsula	g					
20	Peso de cápsula + suelo húmedo	g					
21	Peso de cápsula + suelo seco	g					
22	Peso de agua (20)-(21)	g					
23	Peso de suelo seco (21)-(19)	g					
24	Contenido de humedad (22)*100(23)	%	8.2				
6.- RESULTADOS							
Item	DESCRIPCIÓN	UNO	P1	P2	P3	P4	P5
25	Densidad seca campo (18M1*(24)/100)	g/cm ³	2.005				
26	Compactación de campo (25)*100(5)	%	96.1				
RESULTADO:							
7.- COMENTARIOS Y/O OBSERVACIONES							
ACRUTA & TAPIA INGENIEROS SAC.		CONSORCIO SAGE - COSAPI		CONSORCIO SAGE - COSAPI			
Ing. Roberth Padilla Jefe de Ejecución de Obras		CARLOS ALBERTO YUPIA CORDOVA Especialista Mecánica de Suelo		ING. RAUL CABANILLAS OLIVA CIP N° 44808 JEFE RESPONSABLE DE OBRA			
8.- APROBACIONES							
Elaborado por: Nombre / Función: José Augusto Roca Firma: D: 06 M: 04 A: 18		Revisado por: Nombre / Función: CONSORCIO SAGE - COSAPI Firma: William Arana Carmen ING DE CALIDAD D: 06 M: 04 A: 18		Aprobado por: Nombre / Función: José Roca Roman Firma: D: 06 M: 04 A: 18			

		Proyecto: "AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES - SAN MARTÍN" "REGIÓN PIURA" - código SNIP N° 270163					
PROTOCOLO DE DENSIDAD DE CAMPO - METODO CONO DE ARENA (NORMA ASTM D1556, MTC E117)							
Código Formato: PC-MVT-03-F2		Revisión 1		Fecha: 09-03-2018			
				CR: 3052			
				N° Registro: 499			
Entidad:		Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento - Programa Nacional de Saneamiento Urbano		Fecha de ensayo: 06-04-2018			
Ubicación:		Confirmitación de Terraplen Pto. Facultativa 1		Técnico Campo: Ronaldo Pacheco			
Documentos de referencia:		(Norma ASTM D1556, MTC E117, RNE E-050 Suelos y Cimentaciones)		Turno: Tarde			
1.- DATOS PRELIMINARES							
Item	Descripción	Unid	Dato	Observación			
1	Densidad de la arena calibrada	g/cm ³	1.445				
2	Peso arena calibrada en el cono	g	1557				
3	Peso específico de la grava	g/cm ³					
4	Optimo contenido de humedad	%	8.9%				
5	Máxima densidad seca en laboratorio	g/cm ³	2.087				
	Grado compactación requerido	%					
2.- EQUIPOS DE MEDICIÓN							
Equipo	Cono de arena	Equipo Speedy	Balanza	Tamiz 3/4"			
Código / N°	02-3	1223	LB-6				
Observación							
3.- PUNTOS DE CONTROL							
Nombre	P1	P2	P3	P4	P5		
Tipo suelo							
Norte	9424346.239						
Este	536205.235						
Cota							
N° Capa	9						
Espeor capa	30 cm						
4.- DENSIDAD DE HUMEDAD							
Item	DESCRIPCIÓN	UND	P1	P2	P3	P4	P5
6	Progresiva / Punto de control	km / Punto					
7	Peso de frasco + arena	g	9029				
8	Peso de frasco + arena remanente	g	3125				
9	Peso de arena: cono + hueco (7)-(8)	g	5904				
10	Peso de arena en el hueco (9)-(2)	g	4343				
11	Volumen del hueco (10)/(3)	cm ³	3008				
12	Peso del recipiente + suelo + grava	g	6554				
13	Peso del recipiente	g	—				
14	Peso retenido en la malla #3/4"	g	—				
15	Volumen de la grava (14)/(3)	cm ³	—				
16	Peso del suelo sin grava (12)-(13)-(14)	g	6554				
17	Volumen de suelo sin grava (11)-(15)	cm ³	3008				
18	Densidad Humeda (16)/(17)	g/cm ³	2.179				
5.- CONTENIDO DE HUMEDAD CON HORNO O SPEEDY							
Item	DESCRIPCIÓN	UND	P1	P2	P3	P4	P5
19	Peso de cápsula	g					
20	Peso de cápsula + suelo húmedo	g					
21	Peso de cápsula + suelo seco	g					
22	Peso de agua (20) - (21)	g					
23	Peso de suelo seco (21)-(19)	g					
24	Contenido de humedad (22)*100/(23)	%	7.8%				
6.- RESULTADOS							
Item	DESCRIPCIÓN	UND	P1	P2	P3	P4	P5
25	Densidad seca campo (18)/(1+(24)/100)	g/cm ³	2.021				
26	Compactación de campo (25)*100/(5)	%	96.84				
RESULTADO:			97%				
7.- COMENTARIOS Y/O OBSERVACIONES							
ACRUTA & TAPIA INGENIEROS SAC. Ing. Rubén Salazar Padilla INGENIERO DE SUELOS		CONSORCIO SADE - COSAPI CARLOS ALBERTO TUPIA CORDOVA Especialista en Suelos de Suelo		CONSORCIO SADE - COSAPI ING. RAUL CABANILLAS OLIVA CP N° 44808 JEFE RESIDENTE DE OBRA			
8.- APROBACIONES							
Elaborado por		Revisado por		Aprobado por			
Nombre / Función:	Ronaldo Pacheco	Nombre / Función:	CONSORCIO SADE - COSAPI	Nombre / Función:	José Luis Romero		
Fecha:	06/04/18	Fecha:	06/04/18	Fecha:	06/04/18		
Firma:	[Firma]	Firma:	William Ajama Carmen ING. DE CALIDAD	Firma:	[Firma]		

		Proyecto: AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES SAN MARTÍN, REGIÓN PIURA - código SNIP N° 270163										
REGISTRO DE DENSIDAD EN EL SITIO METODO NUCLEAR A PROFUNDIDAD REDUCIDA (NORMA ASTM D2922, NTP 339.144, MTC E124)												
Código Formato: PC-MVT-03-F3	Revisión: B	Fecha: 19-03-2018	C/R: 3052	N° Registro:	Página: 1 de 1							
Cliente: <u>Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento - Programa Nacional de Saneamiento Urbano</u>			Fecha de ensayo: _____									
Estructura: _____			Técnico Campo: _____									
Ubicación: _____			Turno: _____									
Documentos de referencia: (Norma ASTM D2922, NTP 339.144, MTC E124, RNE E-050 Suelos y Cimentaciones)												
1.- DATOS PRELIMINARES												
Item	Descripción	Und	Dato	Observación								
1	Peso específico de la grava	g/cm3	2.65									
2	Óptimo contenido de humedad laboratorio	%	9.60									
3	Máxima densidad seca en laboratorio	g/cm3	2.050									
4	Óptimo contenido de humedad laboratorio corregido	%	8.95									
5	Máxima densidad seca en laboratorio corregido	g/cm3	2.087									
6	Grado compactación requerido	%	95.00									
2.- EQUIPOS DE MEDICIÓN												
Equipo	TROLLEX/3440P											
Código / N°	62429											
Observación												
3.- HUMEDAD VS DENSIDAD												
N° prueba	Sector	Punto / Progresiva	Este	Norte	Cota	Espesor capa (cm)	N° Capa	Densidad húmeda (g/cm3)	Contenido humedad (%)	Densidad seca (g/cm3)	Grado compactación (%)	Cumple
	F3B	8				30	6	2.218	8.80	2.039	97.10	
	F3B	9				30	6	2.200	8.9	2.020	96.80	
	F3B	10				30	6	2.194	8.7	2.018	96.90	
	FIR	46				30	8	2.182	8.8	2.006	96.10	
	FIR	47				30	8	2.215	9.3	2.026	97.10	
	FIR	45				30	8	2.238	9.1	2.052	98.30	
	F3B	4				30	7	2.241	9.7	2.043	97.90	
	F3B	3				30	7	2.235	9.8	2.042	99.30	
	F3B	2				30	7	2.217	9.5	2.024	97.00	
	FIL	10				30	5	2.251	8.4	2.077	99.10	
	FIL	11				30	5	2.214	8.7	2.037	97.60	
	F3B	10				30	7	2.181	9.2	1.997	95.70	
	F3B	9				30	7	2.188	9.1	2.006	96.10	
	F3B	8				30	7	2.273	8.7	2.045	98.00	
	F3B	6				30	7	2.195	8.9	2.016	96.60	
	F3B	7				30	7	2.197	9.2	2.012	96.40	
	F3B	5				30	7	2.153	8.5	1.985	95.10	
	FIR	45				30	9	2.155	8.0	1.995	95.60	
	FIR	46				30	9	2.172	8.2	2.008	96.20	
	FIR	47				30	9	2.199	8.3	2.031	97.30	
5.- COMENTARIOS Y/O OBSERVACIONES												
ACBUSA & TAPIA INGENIEROS SAC. Ing. Rubén Salazar Padilla ESP. EN MECÁNICA DE SUELOS			CONSORCIO SADE - COSAPI CARLOS ALBERTO TUIPÁ CONDOVALA Especialista Mecánica de Suelos			CONSORCIO SADE - COSAPI Ing. Raúl Cabanillas Oliva CIP N° 44808 JEFE RESIDENTE DE OBRA						
6.- APROBACIONES												
Elaborado por Nombre / Función: <u>Felisa Marquez Rosillo</u> Firma: D: _____ M: _____ A: 18			Revisado por Nombre / Función: <u>CONSORCIO SADE - COSAPI</u> Firma: <u>William Lama Carmen</u> D: _____ M: _____ A: 18			Aprobado Nombre / Función: <u>José Torres Román</u> Firma: D: _____ M: _____ A: 18						

		Proyecto: AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES SAN MARTÍN, REGIÓN PIURA - código SNIP N° 270163										
REGISTRO DE DENSIDAD EN EL SITIO METODO NUCLEAR A PROFUNDIDAD REDUCIDA (NORMA ASTM D2922, NTP 339.144, MTC E124)												
Código Formato: PC-MVT-03-F3		Revisión: B		Fecha: 19-03-2018		C.R: 3052		N° Registro:		Página: 1 de 1		
Cliente: Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento - Programa Nacional de Saneamiento Urbano										Fecha de ensayo:		
Estructura:										Técnico Campo:		
Ubicación:										Turno:		
Documentos de referencia: (Norma ASTM D2922, NTP 339.144, MTC E124, RNE E-050 Suelos y Cimentaciones)												
1.- DATOS PRELIMINARES												
Ítem	Descripción	Und	Dato	Observación								
1	Peso específico de la grava	g/cm3	2.65									
2	Óptimo contenido de humedad laboratorio	%	9.60									
3	Máxima densidad seca en laboratorio	g/cm3	2.050									
4	Óptimo contenido de humedad laboratorio corregido	%	8.95									
5	Máxima densidad seca en laboratorio corregido	g/cm3	2.087									
6	Grado compactación requerido	%	95.00									
2.- EQUIPOS DE MEDICIÓN												
Equipo	TROXLER/34407											
Código / N°	62429											
Observación												
3.- HUMEDAD VS DENSIDAD												
N° prueba	Sector	Punto / Progresiva	Este	Norte	Cota	Espesor capa (cm)	N° Capa	Densidad húmeda (g/cm3)	Contenido humedad (%)	Densidad seca (g/cm3)	Grado compactación (%)	Cumple
	F3B	4				30	5	2.074	10.3	1.886	90.10	
	F3B	3				30	5	2.088	7.1	1.949	93.40	
	F3B	2				30	5	2.114	9.5	1.930	92.50	
	F1L	11				30	4	2.232	10.7	2.016	96.60	
	F1L	10				30	4	2.206	10.9	1.989	95.30	
	F1R	7				30	4	2.230	9.8	2.031	97.30	
	F1R	6				30	4	2.162	9.3	1.978	94.80	
	F1R	5				30	4	2.201	8.4	2.031	97.30	
	F1L	4				30	4	2.194	10.0	1.999	95.80	
	F1R	3				30	4	2.201	8.6	2.026	97.10	
	F1R	2A				30	4	2.179	9.2	1.995	95.60	
	F3B	2				30	6	2.219	11.0	1.999	95.80	
	F3B	3				30	6	2.193	9.9	1.995	95.60	
	F3B	4				30	6	2.252	10.1	2.015	98.00	
	F1R	48				30	8	2.222	9.2	2.031	97.10	
	F1R	49				30	8	2.200	7.0	2.018	96.10	
	F3B	5				30	6	2.147	8.5	1.948	94.80	
	F3B	6				30	6	2.122	9.0	1.947	93.30	
	F3B	7				30	6	2.235	8.6	2.058	98.60	
	F3B	5				30	6	2.238	9.3	2.047	98.10	
5.- COMENTARIOS Y/O OBSERVACIONES												
ACRUPA TAPU INGENIEROS SAC  Ing. Rubén Saldaña Padilla ESP. EN MECÁNICA DE SUELOS				CONSORCIO SADE - COSAPI  CARLOS ALBERTO TUPA CORDOVA Especialista Mecánica de Suelos				CONSORCIO SADE - COSAPI  Ing. Raúl Cabanillas Oliva CIP N° 44608 JEFE RESIDENTE DE OBRA				
9.- APROBACIONES												
Elaborado por			Revisado por			Aprobado						
Nombre / Función:			Nombre / Función:			Nombre / Función:			D			
 Felipe Marquez Rosillo			CONSORCIO SADE - COSAPI  William Yana Carmen ING. DE CALIDAD			 Jose Torres Roman			M			
Firma:			Firma:			Firma:			A			
A: 18			A: 18			A: 18			A: 18			